

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Ігоря Сікорського»**

**ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ  
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ  
АПАРАТУРИ**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

О.М. Лисенко

(підпис)

(прізвище, ініціали)

“ ” 20 р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра**


зі спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка"  
(код та назва напрямку підготовки або спеціальності)

на тему Блок контролю охоронної системи

Виконав: студент IV курсу, групи ДК-61  
Горюнов Ілля Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

  
(підпис)

Керівник ст. викладач О.І. Антонюк  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, ініціали прізвище)

  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, ініціали та прізвище)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент   
(підпис)

Київ - 2020 року  
**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»**  
Факультет електроніки  
Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр телекомунікацій та радіотехніки  
Спеціальність 172 "Телекомунікації та радіотехніка"  
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
О.М. Лисенко  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проект студенту**  
Горюнову Іллі Миколайовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Блок контролю охоронної системи  
керівник проекту Антонюк Олександр Ігорович, старший викладач  
затверджені наказом по університету від 25.05.2020 року №1196-с
2. Термін подання студентом проекту 10 червня 2020 року
3. Вихідні дані до проекту Система складається з блоку контролю, що є друкованим вузлом з різними роз'ємами для підключення камери, інфрачервоного давача, та блоку виведення інформації. Пристрій повинен забезпечувати чітке спрацювання при потраплянні інфрачервоного світла в поле зору давача, з наступним ввімкненням камери та стисненням відео і передачею його через блок виведення інформації.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

- аналіз технічного завдання;
- розробка структурної схеми приладу та схеми електричної принципової;
- обґрунтування вибору елементної бази;
- обґрунтування вибору матеріалу друкованої плати;
- конструкторсько-технологічні та електричні розрахунки;
- розрахунок надійності та віброміцності друкованої плати;
- проектування друкованого вузлу у САПР Altium Designer;
- моделювання роботи деяких блоків схеми;
- висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо):

- схема електрична принципова;
- друкована плата;
- складальне креслення друкованої плати.

6. Дата видачі завдання 17.02.20

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	05.03.20-10.03.20	виконано
2	Вибір елементної бази та друкованої плати	11.03.20-16.03.20	виконано
3	Схемотехнічне проектування	17.03.20-05.04.20	виконано
4	Виконання креслень схеми електричної принципової	06.04.20-11.04.20	виконано
5	Конструкторсько-технологічні розрахунки	12.04.20-21.04.20	виконано
6	Електричний розрахунок друкованої плати	22.04.20-02.05.20	виконано
7	Розрахунок віброміцності та надійності друкованої плати	03.05.20-13.05.20	виконано
8	Проектування у Altium Designer	14.05.20-18.05.20	виконано
9	Виконання креслень друкованої плати та складального креслення друкованого вузлу	19.05.20-29.05.20	виконано
10	Оформлення пояснювальної записки	30.05.20-08.06.20	виконано

Студент   
(підпис)

Керівник проекту   
(підпис)

І.М. Горюнов  
(ініціали та прізвище)  
О.І. Антонюк  
(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Роботу викладено на 71 сторінці, вона містить 5 розділів, 24 ілюстрації, 21 таблицю та 14 джерел в переліку посилань.

Об'єктом розробки став Блок контролю охоронної системи.

Предметом роботи є система, що дозволяє сигналізувати про присутність людини та буде робити сповіщення користувача.

Метою даної роботи є розробка універсального пристрою для детектування присутності людини, який має подальшу відеотрансляцію і який буде простий у налаштуванні та використанні і одночасно недорогий у виготовленні.

У ході роботи було проведено пошук та проаналізована теоретична інформація, розглянуті існуючі рішення, які використовуються в охоронних системах. Також було проведено порівняння аналогів. На основі проаналізованої інформації сформовано основні конструкторські і схемотехнічні рішення, що будуть використовуватися в рамках розробки дипломного проекту. Розроблено структурну схему та обґрунтовано вибір елементів, створено схему електричну принципову. Проаналізовано типи друкованих плат та їх матеріал, класи точності. Проведено проектування друкованого вузла у САПР Altium Designer. Виконані математичні розрахунки, що підтверджують правильність обраних конструкторських рішень. Проведено моделювання блоку стиснення відео за допомогою використання середовища Matlab.

## **ABSTRACT**

The work is presented on 71 pages, it contains 5 sections, 24 illustrations, 21 tables and 14 sources in the list of references.

The object of development is the Security Control Unit.

The subject of the work is a system that allows signalization of person that present in a view field of sensor and making user alert.

The purpose of this work is to develop a universal device for people detecting which has video broadcast. Also that device should have easy set up and usage and also cheap in manufacture.

In the course of this work the search of existing solutions of security system was made, also some of the concepts of structural elements and solutions in security system were observed. The analogues also were observed and compared. With the help of some characteristics and parameters of the analogues, for device which will be developed as part of the diploma design, some of this characteristics and parameters has been formed. A structural scheme has been developed, an element selection has been made, an electrical principle has been developed. The analysis of accuracy classes, types and materials of a printed circuit board were made. The design of printed circuit board was developed in CAD Altium Designer. The calculations, confirming the correctness of the design decision, was made. A model of video compressing block was made with the help of the Matlab.





# **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: **Блок контролю охоронної системи**

Київ – 2020 року

## ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначень, термінів .....	3
ВСТУП .....	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ТА ОГЛЯД АНАЛОГІВ .	6
1.1 Загальний огляд теоретичної частини .....	6
1.2 Огляд існуючих аналогів.....	14
Висновок до розділу .....	17
РОЗДІЛ 2. СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ.....	19
2.1 Розробка структурної схеми приладу .....	19
2.2 Вибір та обґрунтування елементної бази .....	20
2.3 Розробка схеми електричної принципової .....	28
Висновок до розділу .....	33
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ .....	35
3.1 Вибір типу та матеріалу друкованої плати.....	35
3.2 Вибір класу точності друкованої плати.....	38
3.3 Вибір методу виготовлення друкованої плати.....	40
3.4 Розміщення компонентів та трасування ДП .....	41
Висновок до розділу .....	43
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ КОНСТРУКТОРСЬКИХ РІШЕНЬ .....	44

					<i>ДК61.201219.001ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>І.М. Горюнов</i>			<div>Блок контролю охоронної</div> <div>системи</div> <div>Пояснювальна записка</div>		
<i>Перевірив</i>		<i>О.В. Острянка</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>О.І. Лисенко</i>					
<i>Затвердив</i>		<i>О.І. Антонюк</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркцшів</i>
						1	71
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікарського, ФЕЛ, КЕОА</i>		



4.1 Конструкторсько-технологічний розрахунок .....	44
4.2 Електричний розрахунок друкованої плати .....	50
4.3 Розрахунок основних показників надійності друкованого вузла .....	53
4.4 Розрахунок віброміцності друкованого вузла.....	58
Висновок до розділу: .....	61
РОЗДІЛ 5. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ БЛОКУ СТИСНЕННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ У САПР .....	63
5.1 Проектування друкованої плати у середовищі Altium Designer .....	63
5.2 Алгоритм роботи блоку контролю охоронної системи.....	64
5.3 Моделювання блоку стиснення .....	65
Висновок до розділу: .....	69
ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	72
<b>ДОДАТОК А. Технічне завдання</b>	
<b>ДОДАТОК Б. Код програми</b>	
<b>ДОДАТОК В. Перелік елементів</b>	
<b>ДОДАТОК Г. Специфікація</b>	

## Перелік скорочень, умовних позначень, термінів

SMD - surface mount device

ПЛІС - програмована логічна інтегральна схема

САПР - система автоматизованого проектування

ІЧ – інфрачервоний

КМ – контактний майданчик

МО – монтажний отвір

ДП – друкована плата

ДДП – двостороння друкована плата

БДП – багатошарова друкована плата

ДМ – друкований монтаж

УГП - умовне графічне позначення

ІС – інтегральна схема

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

## ВСТУП

На сьогоднішній день охорона об'єктів використовується у всьому світі. Це стало невід'ємною частиною життя людини. Головною задачею охоронної системи є те, що вона повинна детектувати незаконне проникнення, наприклад, в приміщення. Раніше майже завжди наймалися люди, які пильнували за приміщеннями, прилеглими територіями та іншим. Але зараз, у час, коли йде глобальна автоматизація, набагато зручніше просто купити собі охоронну систему, яка складається з декількох блоків та з легкістю налаштувати її, а не платити людині. Людина може втомлюватися, або просто не побачити, як хтось незаконно проник в приміщення. З охоронною системою такого трапитися не може.

На даний момент існує багато видів охоронних систем, які базуються на різних принципах детектування сигналу тривоги. Основні з яких: ультразвукові, інфрачервоні, магнітоконтатні та інші. Також основною характеристикою охоронної системи є сповіщення користувача. Це може бути як звукове сповіщення, так і сповіщення за допомогою мережі Інтернет(а саме за принципами IoT). Також бувають варіації коли сповіщення приходить на мобільний телефон або електронну пошту.

У більш технологічних охоронних систем є відеоспостереження, а також можливі спеціальні мобільні додатки з яких виконується налаштування та контроль охоронної системи. Але і ціна такої системи значно вища за звичайну.

Основними недоліками, якими можуть володіти охоронні системи є складність встановлення системи, якщо вона, наприклад, повністю провідна, а значить очевидним недоліком буде і компактність. Наприклад, для GSM-систем до недоліку можна віднести швидку розрядку акумуляторів бездротового обладнання при низьких температурах. Для автономних систем недоліком є те, що для своєчасного реагування на спрацьовування

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

сигналізації потрібно постійна присутність власника або охоронців, а також виклик наряду поліції.

Отже проаналізувавши різні варіації охоронних систем і їх проблематику, було обрано використовувати наступні елементи в блоках контролю та виведення інформації.

У якості головного блоку обробки відео та його стиснення було обрано використовувати програмовану логічну інтегральну схему. Так як ПЛІС є досить універсальною мікросхемою з досить малими габаритними розмірами та має ресурс, як для зберігання кадрів відео та і для їх стиснення, вона повністю задовольняє вимогам.

У якості блоку виведення інформації було обрано використовувати відлагоджувальну плату NodeMCU на якій буде знаходитися мікросхема ESP8266. За допомогою даної плати буде виконуватися передача даних на веб-сервер для сповіщення користувача.

Для виконання поставлених задач було проведено пошук та порівняння аналогів, розроблена схема електрична принципова, також проведено обґрунтування вибору типу друкованої плати, класу точності та інших параметрів для коректного проектування друкованого вузла в САПР Altium Designer. Було проведено розрахунки, які підтверджують правильність прийнятих конструкторських рішень. Також проведено моделювання у MatLab деяких блоків пристрою, для підтвердження роботоспроможності пристрою.

					<i>ДК61.201219.001ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ТА ОГЛЯД АНАЛОГІВ

Охоронна система — автоматизований комплекс для охорони різних об'єктів майна таких як будівлі, включаючи прилеглу до них територію, окремі приміщення тощо. На даний момент існує багато видів охоронних систем, які базуються на різних принципах детектування сигналу тривоги. Основні з яких: ультразвукові, інфрачервоні, магнітоконтатні та інші. В даному випадку було обрано інфрачервоний давач руху, як основу для формування сигналу тривоги.

Метою роботи є розробка блоку контролю охоронної системи, який можна буде використовувати для охорони приміщень, позаміських будинків, де досить часто виникає потреба в такій системі, через відсутність людей при виїздах власників з цих будівель.

### 1.1 Загальний огляд теоретичної частини

Інфрачервоне випромінювання — електромагнітне випромінювання, яке лежить в спектральній області між червоною межею видимого світла з довжиною хвилі  $\lambda = 700$  нм (частота близько 430 ТГц) та мікрохвильовим випромінюванням. Інфрачервоне випромінювання також нерідко називають «тепловим випромінюванням», через його залежність спектру та інтенсивності від температури, а також сприйняттям людини даного випромінювання як відчуття тепла. Довжини хвиль, які випромінює тіло, залежать від температури: чим вищою буде температура, тим коротшою буде довжина хвилі і вищою буде інтенсивність випромінювання.

Камери спостереження — це цифрові відео- чи фотокамери, які мають можливість у реальному часі фіксувати зображення, призначені для подальшого передавання мережею Інтернет. Веб-камери, які доставляють зображення по Інтернету, завантажують зображення на веб-сервер за запитом, чи безперервно, або через певні проміжки часу. Це досягається

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

шляхом підключення камери до комп'ютеру, або завдяки можливостям самої камери.

### Детектування руху

Для детектування руху було обрано інфрачервоний давач. Принцип дії інфрачервоного давача заснований на аналізі теплового (інфрачервоного) випромінювання. Пасивний інфрачервоний датчик (PIR) при цьому не випускає ніякого випромінювання, а лише аналізує теплові промені що надходять.

У середині давача розташовуються зазвичай два чутливих елемента, що вимірюють потік інфрачервоного випромінювання. Перед кожним з чутливих елементів давача встановлена лінза Френеля, яка фокусує на них падаючі інфрачервоні промені. Лінза Френеля — складова піллоподібна лінза, що складається з окремих концентричних кілець або поясів невеликої товщини, кожне з яких забезпечує таке саме заломлення світла, як і аналогічна частина звичайної лінзи.

Найпростіший давач сконструйований так, що зовнішній простір між двома лінзами і чутливими елементами розділено навпіл. Кожна з лінз проектує теплове випромінювання зі своєї зони огляду на свій чутливий елемент. У звичайних умовах інтенсивність випромінювання надходить на обидві частини давача приблизно однаково. Коли в полі зору з'являється джерело випромінювання інфрачервоного світла (наприклад людина), випромінювання спочатку потрапляє в поле зору тільки однієї частини давача, при цьому значення двох чутливих елементів починають різнитися, і це є сигналом руху.

В реальних умовах, давач з двома лінзами був би занадто ненадійний, тому в багатьох моделях давачів встановлюють не одну пару лінз, а кілька десятків. Лінзи давачів легко помітні на корпусі - це характерна “коміркова” структура з напівпрозорим вікном, за яким розташовуються чутливі елементи.

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

## Інтернет сповіщення

Для реалізації зв'язку між охоронною системою та Інтернетом буде використовуватися так звана технологія Інтернету речей.

Інтернет речей — концепція мережі, яка складається із взаємозв'язаних фізичних пристроїв, які мають вбудовані давачі, а також програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати передачу і обмін даними між фізичним світом і комп'ютерними системами в автоматичному режимі.

Основною концепцією IP є можливість підключення всіляких об'єктів, які людина може використовувати в повсякденному житті, наприклад, чайник, холодильник, світильник або як в варіанті з охоронною системою, робити сповіщення для користувача. Всі ці об'єкти (речі) повинні бути оснащені вбудованими давачами або сенсорами, які мають можливість обробляти інформацію, що надходить з навколишнього середовища, обмінюватися нею і виконувати різні дії в залежності від отриманої інформації.

## Протокол SPI

SPI — послідовний синхронний повнодуплексний інтерфейс, який використовується для передачі даних. Даний інтерфейс розроблений фірмою Motorola для забезпечення простого сполучення різних мікроконтролерів, або інших ведучих пристроїв та периферії.

SPI є синхронним інтерфейсом, в якому передача інформації синхронізована з тактовим сигналом, яка була згенерована ведучим пристроєм (Master). Периферійний пристрій синхронізує отримання бітової послідовності відносно тактового сигналу. До одного послідовного периферійного інтерфейсу ведучого можна під'єднати декілька мікросхем ведених (slave). Головний пристрій вибирає другорядний (слэйв) пристрій, активуючи сигнал «слэйв селект» (SS) на потрібній мікросхемі. Інші пристрої, являються не вибраними ведучим та не беруть участі в передачі по SPI.

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

В SPI використовується чотири цифрові сигнали:

MOSI - вихід ведучого, вхід веденого (Master Out Slave In). Служить для передачі даних від ведучого пристрою до веденого.

MISO - вхід ведучого, вихід веденого (Master In Slave Out). Служить для передачі даних від веденого пристрою до ведучого.

SCLK - тактовий сигнал (Serial Clock). Служить для передачі тактового сигналу для ведених пристроїв.

SS - вибір мікросхеми, вибір веденого пристрою (Slave Select).

Нижче на рисунку 1.1 наведена варіант схеми підключення.

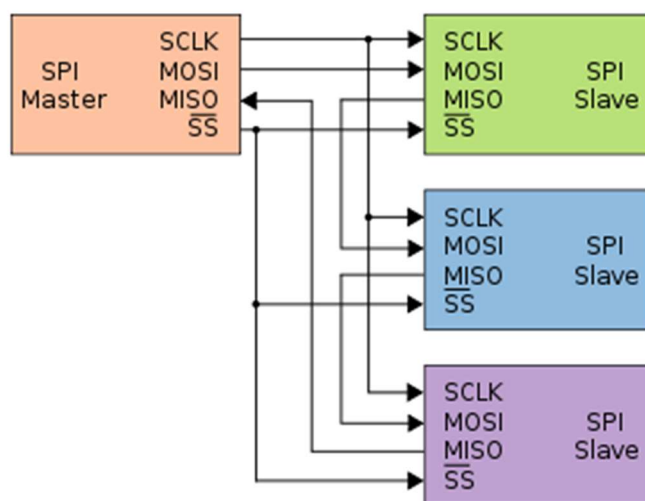


Рис 1.1 – Варіант схеми підключення через SPI

Також, окремо варто поговорити про режими роботи SPI.

Можливі чотири комбінації сигналів фази (CPHA) і полярності (CPOL) сигналу SCLK по відношенню до сигналів даних. Режими роботи визначаються комбінацією біт CPHA і CPOL:

CPOL = 0 - сигнал синхронізації починається з низького рівня;

CPOL = 1 - сигнал синхронізації починається з високого рівня;



CPHA = 0 - вибірка даних проводиться по передньому фронту сигналу синхронізації;

CPHA = 1 - вибірка даних проводиться по задньому фронту сигналу синхронізації.

На рисунку 1.2 показана візуалізація режимів роботи.

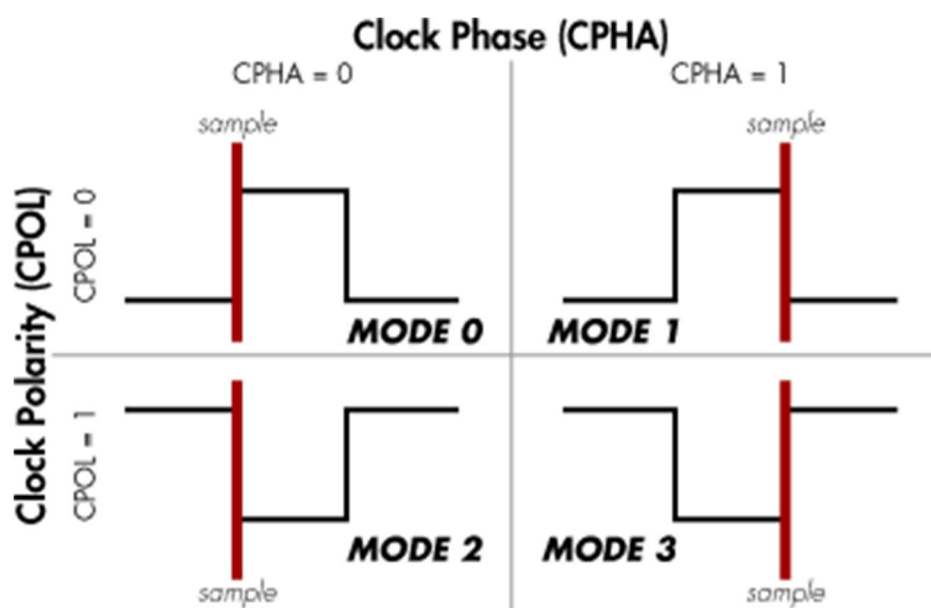


Рис 1.2 – Режими роботи SPI

Принцип роботи даного інтерфейсу досить простий. В початковий момент часу стан лінії SS повинен знаходитися в логічному високому рівні, так як це буде означати, що ведений пристрій не вибраний. При такій ситуації веденому пристрою буде все одно у якому стані знаходяться лінії SCLK, MOSI так як тільки низький логічний рівень є умовою при якій ведучий та ведений пристрої можуть отримувати коректні дані один від одного. Далі ведучий пристрій вибирає ведений пристрій опускаючи сигнал SS в активний низький логічний рівень. Після цього, відповідно до режиму роботи, який конфігурується за допомогою CPOL і CPHA, відносно тактового сигналу будуть зчитуватись дані з входу MOSI веденим пристроєм та MISO ведучим пристроєм. Ознакою закінчення передачі є приведення сигналу SS ведучим пристроєм в активний високий рівень.

Нижче на рисунку 1.3 показано вигляд передачі даних за допомогою SPI.

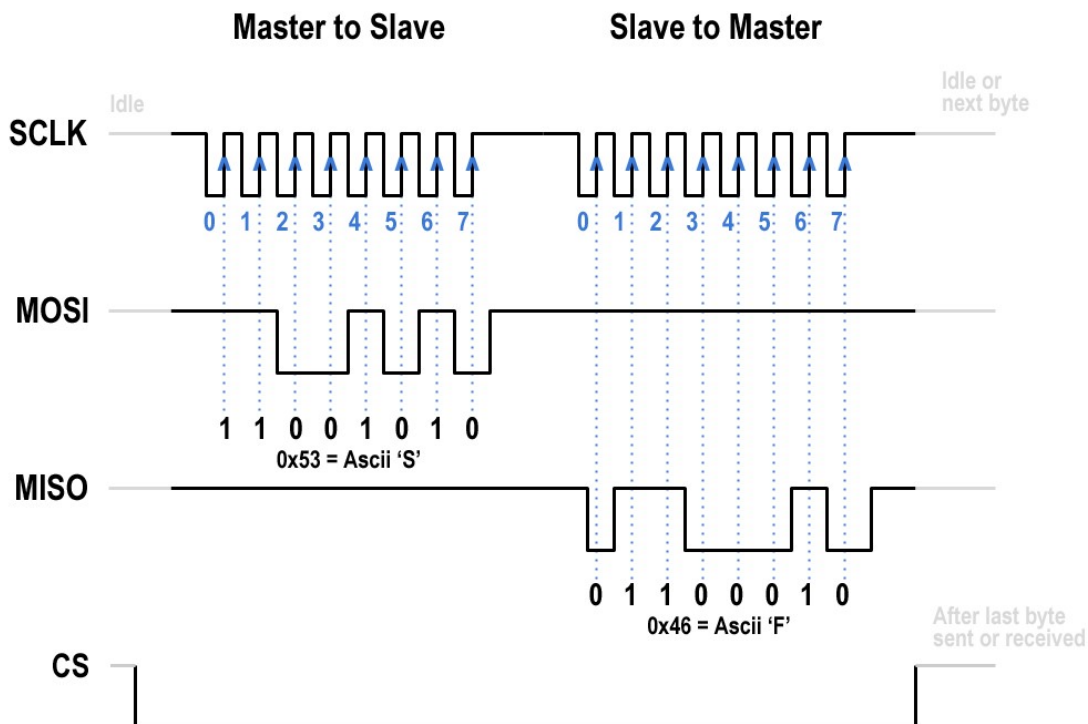


Рис 1.3 – Передача даних за допомогою SPI

Також даний інтерфейс має ряд переваг перед іншими.

- Повнодуплексна передача даних за замовчуванням.
- Більш висока пропускна здатність в порівнянні з I<sup>2</sup>C або SMBus.
- Можливість довільного вибору довжини пакета, довжина пакета не обмежена вісьмома бітами.

Даний інтерфейс підходить для передачі відео з ПЛІС на ESP8266 у прототипі пристрою. В подальшому буде використовуватися паралельний інтерфейс для досягнення передачі більш якісної картинки за рахунок можливості передачі більшої кількості інформації за одиницю часу.

### Програмовані логічні інтегральні схеми

ПЛІС – це електронний прилад, логіка роботи якої на відміну від звичайних цифрових мікросхем, не задається під час виготовлення, а

задається за допомогою програмування. Для того, щоб виконати програмування та налаштування конфігурації мікросхеми використовуються спеціальні програматори і налагоджувальні середовища, які дозволяють задавати бажану структуру цифрового пристрою у вигляді графічної принципової електричної схеми або програм, які використовують спеціальні мови опису апаратури, наприклад такі як Verilog, VHDL, System Verilog.

FPGA – це один із видів ПЛІС, які містять блоки множення-накопичення, що широко застосовуються при обробці сигналів (Digital signal processing), а також логічні елементи (як правило на базі таблиць істинності) і їх блоки комутації. Зазвичай FPGA використовуються для вирішення задач пов'язаних з обробкою сигналів, також мають більше логічних елементів і більш гнучку архітектуру, ніж CPLD (complex programmable logic device). Програма, яка була написана та завантажена на FPGA зберігається в розподіленій пам'яті, яка може бути енергозалежною. В цьому випадку програма не зберігається при зникненні живлення мікросхеми. Також вона може зберігатися і в енергонезалежній пам'яті - в цих випадках програма зберігається при зникненні живлення. Якщо ж програма зберігалася в енергозалежній пам'яті, то при кожному новому включенні живлення мікросхеми необхідно буде заново конфігурувати її за допомогою програматора, який, наприклад, може бути вбудований і в саму FPGA.

### **Стиснення відео**

Для того, щоб передавати відео через послідовний інтерфейс передачі даних, такий як SPI, буде необхідно обов'язково стискати відео для того щоб зменшити кількість інформації яку необхідно передати.

Алгоритми стиснення в першу чергу поділяють на потокові і статичні, тобто перші працюють з послідовностями кадрів, а інші з кожним з кадрів окремо.

					<i>ДК61.201219.001ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

В статичних алгоритмах стиснення це досягається за допомогою методів обробки зображень, при цьому може оброблятися або все зображення цілком, або розбиватися на окремі блоки. Одними з найпоширеніших на сьогоднішній момент є алгоритми групи Wavelet і JPEG.

В потокових алгоритмах враховується той факт, що, як правило, близько розташовані кадри не сильно відрізняються один від одного і стиснення досягається також за рахунок кодування лише різниці між кадрами (надмірність в часі), а також за рахунок роботи з окремими об'єктами, присутніми в декількох кадрах, причому положення об'єкта в кожному з кадрів - різний. Робота з окремими об'єктами всередині кадру ускладнює алгоритм, але і дозволяє домогтися значного стиснення потокового відео.

Одними з найпоширеніших в потокових алгоритмах є алгоритми груп MPEG і MJPEG. Тому у якості алгоритму стиснення було вибрано використовувати MPEG(Moving Picture Experts Group).

В MPEG перед початком кодування відбувається аналіз відеоінформації, вибираються ключові кадри, які не будуть змінюватися при стисненні, також будуть вибиратися кадри, при кодуванні яких частина інформації буде видалятися. Всього виділяється три типи кадрів:

- Кадри типу I - Intra frame. Ключові кадри, які стискаються без змін.
- Кадри типу P - Predirected frame. При кодуванні цих кадрів частина інформації видаляється. При відтворенні P кадру використовується інформація від попередніх I або P кадрів.
- Кадри типу B - Bidirectional frame. При кодуванні цих кадрів втрати інформації більш значніші ніж в P кадрі.

Після закінчення розбивки кадрів на різні типи починається процес підготовки до кодування.

З I кадрами процес підготовки до кодування відбувається досить просто – кадр розбивається на блоки. В MPEG-1 блоки мають розмір 8 \* 8 пікселів. А для кадрів типу P і B підготовка відбувається набагато

складніше. Для того, щоб сильніше стиснути кадри цих типів використовується алгоритм передбачення руху. В якості вхідної інформації алгоритм передбачення руху отримує блок  $8 * 8$  пікселів поточного кадру і аналогічні блоки від попередніх кадрів (І або Р типу). На виході даного алгоритму отримуємо вектор руху поточного блоку відносно попередніх, а саме різницю між поточним і попередніми блоками, яка власне і буде піддаватися подальшому стисненню. Вся надлишкова інформація буде видалена, завдяки чому і досягається настільки високий коефіцієнт стиснення. Після закінчення цієї стадії починається власне саме кодування.

## 1.2 Огляд існуючих аналогів

Так як пошук аналогів саме блоку контролю охоронної системи зробити досить важко, було вирішено порівнювати охоронний комплекс в цілому. Також до уваги приймається те, що даний пристрій використовується для звичайного громадського використання, тому до уваги не будуть братися військові моделі, чи моделі які використовують в сферах де потрібна підвищена надійність. Основними критеріями для порівняння є ціна, розміри та способи сповіщення (провідний або безпроводний), можливість передавати відео.

Першим аналогом став Дунай-16/32[1] – це прилад приймально-контрольний «Дунай 16/32» + Модуль Дунай-G1R призначений для організації централізованої охорони об'єктів з використанням мереж зв'язку GSM. На рисунку 1.4 зображена охоронна система «Дунай 16/32».

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рисунок 1.4 – Охоронна система ««Дунай 16/32»»

Переваги:

- Має можливість підключити до 16 датчиків
- Конфігурація може відбуватися з клавіатури
- Має програму на базі Android за її допомогою можна управляти охоронною системою

Основні недоліки:

- Ціна
- Розмір 230 \* 230 \* 100 мм
- Відсутність трансляції відео

Наступним аналогом виступає комплект автономної охоронної системи «ОСА-2»[2]. Добре підходить для будинків, складів, квартир і т.д. Під автономністю мається на увазі те, що пристрій буде вести охорону і видавати тривогу сиреною без передачі на центральний блок. Також передбачено живлення від акумулятора, уникаючи тим самим відключення охорони при

втраті живлення на об'єкті, який охороняється. На рисунку 1.5 зображена охоронна система «ОСА-2».



Рисунок 1.5 – Охоронна система «ОСА-2»

Переваги:

- Може працювати автономно до 10 днів
- Має декілька видів датчиків, такі як геркони.
- Досить невелика ціна

Недоліки:

- Провідний вид з'єднання
- Відсутність трансляції відео
- Відсутність сповіщення за допомогою мережі Інтернет

Останнім аналогом став комплект охоронної сигналізації «Протект Full»[3]. Застосовувати дану охоронну систему можна для охорони приватних будівель, квартир, складів, офісів. Для використання даної охоронної системи необхідно буде прокладати проводи від блоку контролю до датчиків. Дана охорона система ставиться в робочий режим за допомогою клавіатури на блоці контролю. На рисунку 1.6 зображена охоронна сигналізація «Протект Full».



Рисунок 1.6 – Охоронна сигналізація «Протект Full»

**Переваги:**

- Має декілька видів датчиків(геркони, інфрачервоні датчі)
- Має можливість звукового сповіщення
- Радіус спрацювання інфрачервоного датча 18 метрів

**Недоліки:**

- Досить великі розміри
- Відсутність трансляції відео
- Досить велика ціна

**Висновок до розділу**

У розділі розглянуто мету розробки, основні теоретичні відомості принципів роботи тих чи інших методів , які в подальшому будуть використовуватись у проекті. Також було порівняно комерційні моделі охоронних систем такі як «Дунай 16/32», «ОСА-2» та «Протект Full» за їх характеристиками. Основними з яких були розміри та способи



сповіщення(провідний або безпроводний), можливість транслявати відео, різновидів давачів. Під час порівняння було проведено аналіз, та виділено основні недоліки та переваги охоронних систем, які будуть враховуватися під час розробки.

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

## РОЗДІЛ 2. СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ

### 2.1 Розробка структурної схеми приладу

Структура блоку контролю охоронної системи складається з наступних блоків:

- Блок детектування інфрачервоного випромінювання
- Камера та контролер
- Блок виведення інформації за допомогою WiFi модуля
- Блок кодування та стиснення відео
- Блок стабілізації
- Блок захисту

Нижче, на рисунку 2.1 наведена схема блоку контролю охоронної системи.

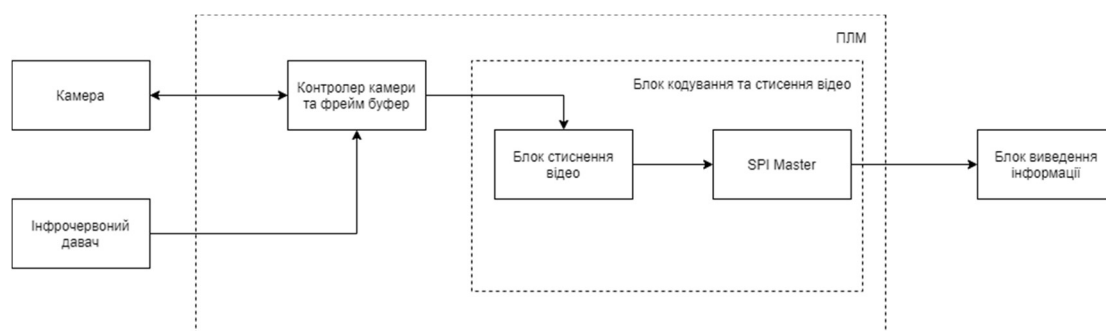


Рис 2.1 – Структурна схема блоку контролю охоронної системи

Блок детектування інфрачервоного світла – головна функція детектувати знаходження людей в полі зору цього блоку та передавати активний сигнал на блок контролю камери, щоб запустити її. Дану функцію буде виконувати інфрачервоний датчик.

Камера – головна функція вести відеоспостереження та передавати відео на програмовану логічну матрицю для подальшого стиснення та передачі на блок виведення інформації. Даний модуль дозволяє знімати зображення VGA формату (640 x 480), передавати їх на керуючий пристрій,

наприклад, як в нашому варіанті - ПЛІС. Для камери OV7670 існує багато налаштувань. Налаштовується якість зображення, формат даних і режим передачі.

Блок кодування та стиснення відео – головна функція, стиснути відео для можливості передачі його по SPI протоколу.

Блок виведення інформації – головною функцією є передача стисненого відео по WiFi.

Блок стабілізації – головна функція перетворити вхідну напругу живлення для ПЛІС та периферійних пристроїв у напругу 3,3 В.

Блок захисту – даний блок забезпечує захист приладу від струму короткого замикання, різких змін вхідної напруги, пониженої напруги, а також від помилкової зміни полярності напруги на вході.

## 2.2 Вибір та обґрунтування елементної бази

Подальший вибір та обґрунтування елементної бази проводиться опираючись на приведені нижче доводи:

- надійність пристрою
- відносно невеликий струм споживання

Також вибір елементної бази проводиться згідно з характеристикою електронних компонентів та умов, викладених в ТЗ. Схема складається з таких компонентів, як :

- резистори
- конденсатори
- мікросхеми

## Вибір мікросхеми ПЛІС

При виборі мікросхеми ПЛІС було взято до уваги, що вона повинна мати потрібну кількість пам'яті, яка знадобиться для зберігання фрейму який в подальшому буде стиснутий, та логічних комірок для реалізації самого блоку стиснення. Також не останнім параметром є те, що було б непогано мати в самій ПЛІС свій генератор тактової частоти, наприклад, для того щоб подавати стабільний сигнал на тактову лінію камери. Також одним із важливих параметрів є те, що зовнішні генератори менш стабільніші за внутрішні. Ну і останньою об'єктивною проблемою, яку вирішить вибір мікросхеми з внутрішнім генератором – це економія місця на платі, адже чим портативніше пристрій, тим краще. Згідно ТЗ було обрано серію Intel MAX 10, так як вона має досить велику кількість флеш-пам'яті та внутрішній генератор тактового сигналу.

Таблиця 2.1 – Матриця параметрів ПЛІС

Серія IC	Параметри				
	Кількість логічних комірок	Об'єм Flash пам'яті (Kb)	Кількість М9К блоків внутрішньої статичної пам'яті	Кількість логічних блоків	Ціна (\$)
10M16	16000	2368	549	1000	40
10M25	25000	3200	675	1563	48,6
10M40	40000	5888	1260	2500	75,6
Ваговий коеф. $b_j$	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1

Вагові коефіцієнти були проставлені відповідно до міркувань наведених вище. Та найбільшому коефіцієнту відповідає найбільш важливе значення мікросхеми. Далі наводимо матрицю приведених параметрів  $|X|$ .

Таблиця 2.2 – Матриця параметрів X

X =	16000	2368	549	1000	40
	25000	3200	675	1563	48,6
	40000	5888	1260	2500	75,6

Аналізуємо параметри (стовпчики) матриці |X| та приведемо їх до такого вигляду, щоб більшому значенню параметра відповідало найкраща якість ІС. Параметри, що не задовольняють цій умові, перераховуються за формулою:

$$Y_{ij} = \frac{1}{x_{ij}}, \quad (2.1)$$

де:  $i = \overline{1, n}$  – кількість вибраних ІС,

$j = \overline{1, m}$  – кількість параметрів ІС

Тоді матриця приведених параметрів |Y| має вигляд:

Таблиця 2.3 – Матриця приведених параметрів Y

Y =	16000	2368	549	1000	0,025
	25000	3200	675	1563	0,02
	40000	5888	1260	2500	0,013

Далі матрицю |Y| приведених параметрів приведено до матриці |A| - нормованих параметрів.

Нормування параметрів виконано за наступною формулою:

$$a_{ij} = \frac{\max_j y_{ij} - y_{ij}}{\max_j y_{ij}}, \quad (2.2)$$

де:  $\max_j y_{ij}$  – максимальний елемент в стовпчику |Y|

$y_{ij}$  – поточне значення елементу в стовпчику |Y|

Таблиця 2.4 – Матриця приведених параметрів

A =	0,6	0,597	0,564	0,6	0
	0,375	0,456	0,464	0,374	0,2
	0	0	0	0	0,48

Для узагальненого аналізу системи параметрів вводять оціночну функцію:

$$Q_i = \sum_{j=1}^m a_j b_j, \quad (2.3)$$

де:  $b_j$  – ваговий коефіцієнт

$$\sum_{j=1}^m b_j = 1$$

Таблиця 2.5 – Значення оціночних функцій

Назва	Q
10M16	0,54
10M25	0,387
10M40	0,048

Як видно з результатів, серія 10M40 має найкращій результат. Тож повністю підходить для розробки та задовольняє умови ТЗ.

### Вибір мікросхеми для блоку захисту

Так як основне джерело живлення може бути нестабільне, то досить непоганою ідеєю буде захистити всю схему від потенційного підвищення або пониження напруги. В теорії для цього можна використовувати і простий діод, але потужність яка буде виділятися на ньому буде досить великою і як наслідок буде виділятися багато тепла. Тож непоганим рішенням буде вибрати мікросхему, яка б спрацьовувала як при пониженні так і при підвищенні напруги. Основними критеріями для вибору будуть компактність,

забезпечення захисту приладу від струму короткого замикання, різких змін вхідної напруги, пониженої напруги, а також від помилкової зміни полярності напруги на вході. Тож вибір проводився серед мікросхем Texas Instruments серії eFuse.

Таблиця 2.6 – Матриця параметрів мікросхеми захисту

Серія IC	Параметри		
	$V_{max}$	$I_{max}$	Ціна(\$)
TPS2592A	13	3,4	0,90
TPS2592B	7	5	0,89
TPS2520	5,5	2,5	0,56
Ваговий коеф. $b_j$	0,4	0,4	0,2

Таблиця 2.7 – Матриця параметрів X

X =	13	3,4	0,90
	7	5	0,85
	5,5	2,5	0,56

Аналізуємо параметри (стовпчики) матриці  $|X|$  та приведемо їх до такого вигляду, щоб більшому значенню параметра відповідало найкраща якість IC. Параметри, що не задовольняють цій умові, перераховуються за формулою 2.1. Тоді матриця приведених параметрів  $|Y|$  має вигляд:

Таблиця 2.8 – Матриця приведених параметрів Y

Y =	13	3,4	1,11
	7	5	1,12
	5,5	2,5	1,78

Далі матрицю  $|Y|$  приведених параметрів приведено до матриці  $|A|$  - нормованих параметрів. Нормування параметрів виконано за формулою 2.2.

Таблиця 2.9 – Матриця приведених параметрів

A =	0	0,3	0,376
	0,46	0	0,37
	0,57	0,5	0

Для узагальненого аналізу системи параметрів вводять оціночну функцію використовуємо формулу 4.3 і отримуємо результат.

Таблиця 2.10 – Значення оціночних функцій

Назва	Q
TPS2592A	0,195
TPS2592B	0,258
TPS2520	0,428

Як видно з результатів, мікросхема TPS2592A має найкращий результат. Мікросхема TPS2592B має результат трохи гірше, але діапазон напруг в якому вона працює повністю нас задовольняє, а ціна хоч і не значно, але менша. Тож TPS2592B підходить для розробки та задовольняє умови ТЗ.

### Вибір мікросхеми для стабілізації

Для отримання напруги 3,3 В з вхідних 5,5 В треба використати лінійний стабілізатор. Головним критерієм для вибору цих мікросхем є те, що вони досить точно перетворюють вхідну напругу в задану вихідну. При цьому так звана обв'язка яку потребують ці мікросхеми дуже проста та складається з резисторів та конденсаторів. Також перевагою є те, що вихідну напругу можна регулювати.



Таблиця 2.11 – Матриця параметрів мікросхеми стабілізації

Серія ІС	Параметри		
	$V_{max}, V$	$I_{max}, A$	Ціна, \$
AMS1117	5	1	0,116
LM317	37	1,5	0,407
NCP1117	20	1	0,509
Ваговий коєф. $b_j$	0,3	0,4	0,3

Таблиця 2.12 – Матриця параметрів X

X =	5	1	0,116
	37	1,5	0,407
	20	1	0,509

Аналізуємо параметри (стовпчики) матриці |X| та приведемо їх до такого вигляду, щоб більшому значенню параметра відповідало найкраща якість ІС.

Тоді матриця приведених параметрів |Y| має вигляд:

Таблиця 2.13 – Матриця приведених параметрів Y

Y =	5	1	6
	37	1,5	2,45
	20	1	1,96

Далі матрицю |Y| приведених параметрів приведено до матриці |A| - нормованих параметрів.

Таблиця 2.14 – Матриця приведених параметрів

A =	0,86	0,33	0
	0	0	0,59
	0,45	0,33	0,67

Для узагальненого аналізу системи параметрів вирахуємо та скористаємось оціночною функцією і отримуємо наступний результат.

Таблиця 2.15 – Значення оціночних функцій

Назва	Q
AMS1117	0,39
LM317	0,177
NCP1117	0,468

Як видно зі значень, стабілізатор LM317 має найкращий показник Q, тож обираємо саме його. Також оцінюючи параметри вхідної напруги та вихідного струму точно впевнюємося в тому що саме даний стабілізатор нам підходить.

### Вибір конденсаторів

При виборі конденсаторів розглядаються такі параметри як: ємність конденсатора, його спосіб монтажу, а відповідно і типорозмір, робоча напруга при якій буде використовуватися конденсатор та діапазон робочих температур.

Опираючись на вимоги викладені в ТЗ та в схемі електричній принциповій було обрано конденсатори для поверхневого монтажу з максимальною робочою напругою в 16 В. При виборі максимальної робочої напруги бралось до уваги максимальна робоча напруга схеми 5,5 В. Типорозмір та діелектричний матеріал – 0603 та X7R відповідно, виробником було вибрано компанію Yageo через відносно невелику ціну та доступність. Діапазон робочих температур від -55 °С до +125 °С.

## Вибір резисторів

Вибір резисторів проводився з врахуванням наступних параметрів: способом монтажу і типорозміром, потужністю, яку може розсіяти даний резистор, робоча температура та відхилення від номінального значення.

За вимогами, що були поставлені в ТЗ та в схемі електричній принциповій було обрано резистори компанії Yageo з потужністю 0,125 Вт. Типорозмір та відхилення від номінального значення 0805 та 5% відповідно, так як в даному пристрої не знадобляться занадто точні значення, та при такому відхиленні схема буде працювати коректно. Діапазон робочих температур від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+155^{\circ}\text{C}$ .

## 2.3 Розробка схеми електричної принципової

При виконанні дипломного проекту було розроблено схему електричну принципову. Схема електрична принципова наведена на кресленні ДК61.201219.001ЕЗ.

### Розрахунок вхідної напруги стабілізації

Вхідна напруга може коливатись від 4 до 7 В. Для живлення усіх логічних мікросхем, включаючи ПЛІС та периферію (камера, інфрачервоний давач, та блок виведення інформації), було обрано мікросхему LM317. Для розрахунку було використано рекомендовані значення:

$V_{ref} = 1,25\text{ В}$ ,  $R_1 = 240\text{ Ом}$ . Нижче наведені розрахунки для резистора  $R_2$ , який і задає напругу на виході.

$$V_{out} = V_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right), \quad (2.4)$$

де:  $V_{ref}$  – опорна напруга,

$V_{out}$  – вихідна напруга стабілізатора,  $R_1$  – резистор подільника напруги.

Переносимо значення для розрахунку резистора  $R_2$ , отримуємо:

$$R_2 = R_1 * \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1\right), \quad (2.5)$$

$$R_2 = 240 * \left( \frac{3,3}{1,25} - 1 \right) = 393,6 \text{ Ом}$$

Отримавши результат можна побачити, що найближчий номінал 390 Ом, він і буде обраний. Схема стабілізації зображена на рисунку 2.2

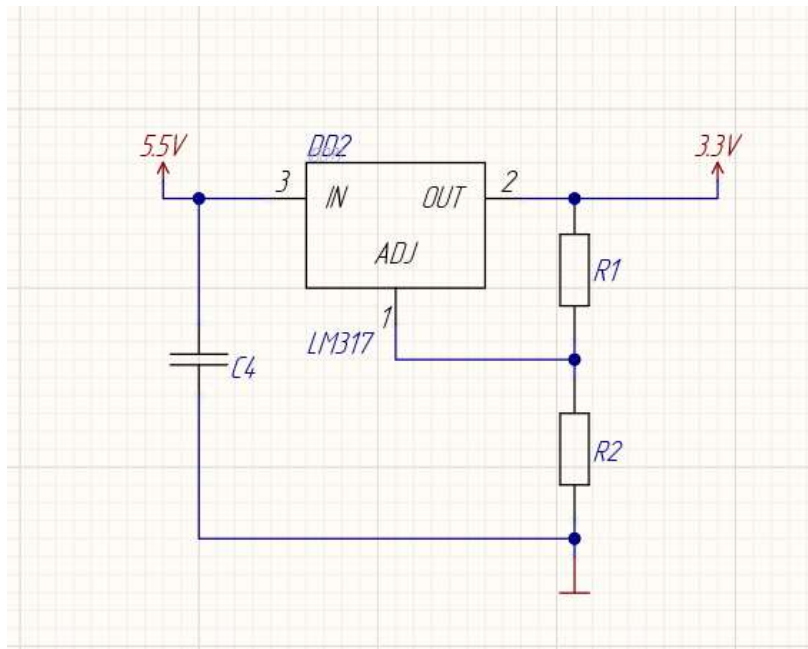


Рисунок 2.2 – Схема стабілізації вихідної напруги

### Розрахунок блоку захисту

Так як даний блок забезпечує захист приладу від струму короткого замикання, різких змін вхідної напруги, пониженої напруги, а також від помилкової зміни полярності напруги на вході, тож далі буде розраховане значення резисторів при яких буде спрацьовувати наша мікросхема. Для розрахунку було взято рекомендовані значення:  $V_{ref} = 1,4 \text{ В}$ ,  $R_3 = 1 \text{ М Ом}$ ,  $V_{uv} = 4,3 \text{ В}$ . Для розрахунку використаємо наступну формулу:

$$V_{uv} = \left( \frac{R_3 + R_4}{R_1} \right) * V_{ref}, \quad (2.5)$$

де:  $V_{ref}$  – опорна напруга,

$V_{uv}$  – нижній поріг напруги при якому спрацює мікросхема,

$R_1$  – резистор подільника напруги.

Переносимо значення для розрахунку резистора  $R_2$ , отримуємо:

$$R_4 = R_3 * \left( \frac{V_{uv}}{V_{ref}} - 1 \right), \quad (2.6)$$

$$R_4 = 1000000 * \left( \frac{4,3}{1,4} - 1 \right) = 2,1 \text{ МОм}$$

На рисунку 2.3 показана схема блоку захисту.

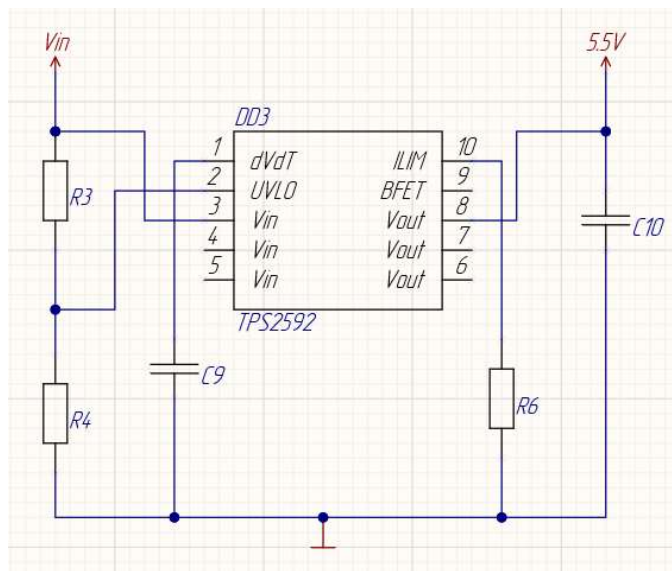


Рисунок 2.3 – Схема блоку захисту

### Розрахунок резистора для світлодіоду

Так, як на схему був доданий світлодіод для індикації правильності роботи схеми, для нього потрібно розрахувати також номінал резистору. При розрахунку бралось до уваги, що даний світлодіод зеленого кольору, тому візьмемо рекомендовані значення  $V_{пр} = 2,2 \text{ В}$ ,  $I_{пр} = 20 \text{ мА}$ ,  $V_{вх} = 3,3 \text{ В}$ . Розрахунок буде відбуватися за наступною формулою:

$$V_{вх} = V_r + V_d, \quad (2.7)$$

де:  $V_{вх}$  - вхідна напруга,

$V_r$  - напруга, яка падає на резисторі,

$V_d$  - напруга, яка падає на діоді.

Розпишемо та підставимо відомі значення у формулу.

$$V_{вх} = I_r * R + V_{пр}, \quad (2.8)$$

де:  $V_{вх}$  - вхідна напруга,

$I_r$  – струм, який протікає через діод,

$V_{пр}$  – порогова напруга, яка падає на діоді (потрібна для гарного світіння).

$$R = \frac{V_{вх} - V_{пр}}{I_{пр}}, \quad (2.9)$$

$$R = \frac{3,3 - 2,2}{20 \cdot 10^{-3}} = 55 \text{ Ом}$$

Отримавши результат можна побачити, що найближчий номінал 56 Ом, він і буде обраний. Схема зі світлодіодом зображена на рисунку 2.4

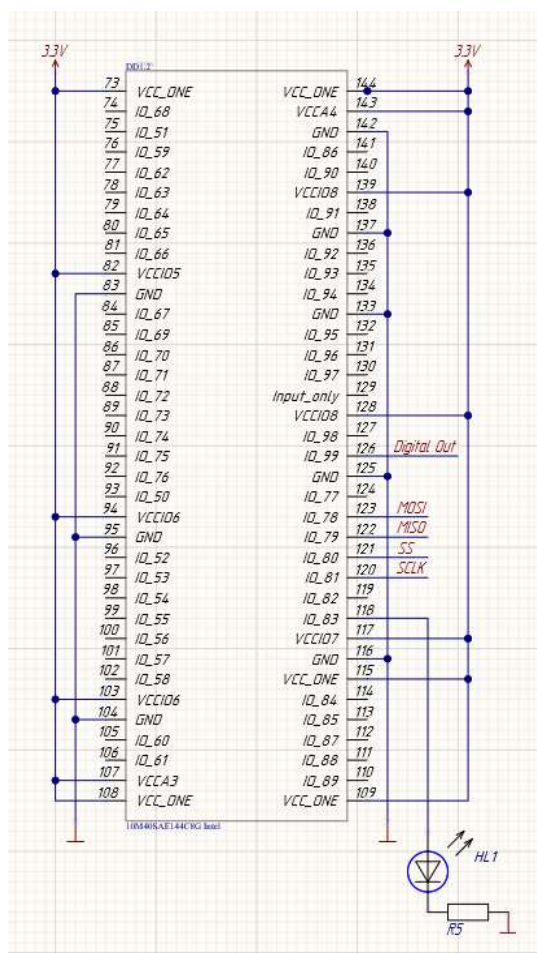


Рисунок 2.4 – Схема зі світлодіодом

## Підключення камери

Згідно ТЗ камера OV7670 Omni Vision буде підключатися до блоку контролера. Камера оснащена оптичним сенсором з роздільною здатністю 640 на 480 пікселів. Паралельна шина даних та синхросигнали будуть підключатися за допомогою провідників. Підключення буде відбуватися за допомогою роз'єму XP1. На рисунку 2.5 приведено блок-діаграму функціональних блоків камери.

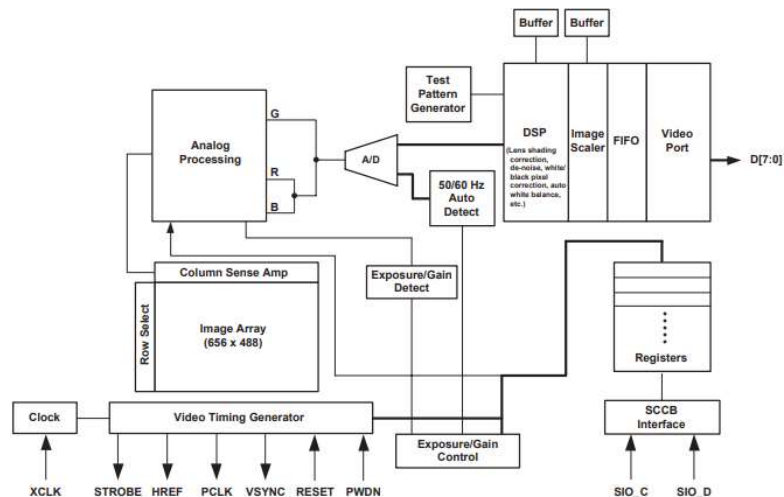


Рисунок 2.5 – Блок-діаграма функціональних блоків камери

## Підключення інфрачервоного давача

Опираючись на дані описані в ТЗ, інфрачервоний давач HC-SR501 буде підключатися до блоку контролю камери, так як сигнал(який був зафіксований при потраплянні інфрачервоного світла у поле зору давача) з його виходу буде вмикати або вимикати камеру. У даного давача є декілька режимів роботи. Також можна налаштувати чутливість спрацьовування. Підключення буде відбуватися за допомогою роз'єму XP3. На рисунку 2.6 приведено внутрішню схему давача.

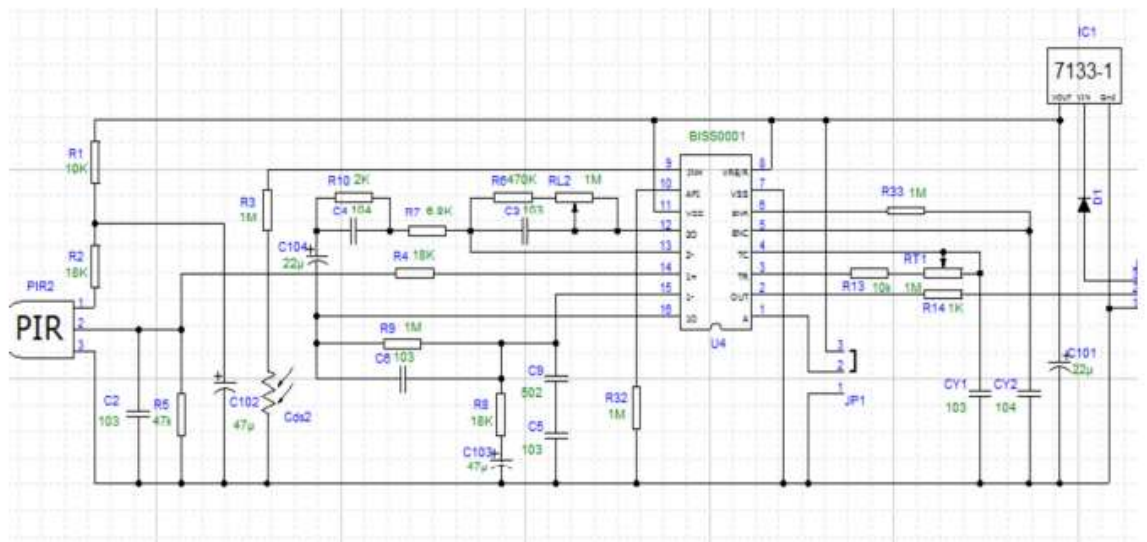


Рисунок 2.6 – Схема інфрачервоного давача

## ПЛІС

Основна складова пристрою, що розробляється є мікросхема FPGA 10M40SAE144C8G від компанії Intel. Дана мікросхема має 144 виводи, що є більш ніж достатнім для пристрою, який розробляється. Одною із переваг є те, що всі банки портів вводу/виводу живляться від напруги 3,3 В і для роботи з периферією буде узгодження за напругою без додавання додаткових елементів або обв'язок. Також прочитавши рекомендації виробника, було вирішено поставити поряд з контактами живлення шість конденсаторів з номіналом 0,1 мкФ та один з номіналом 1 мкФ. При такому встановленні провідник між контактом мікросхеми та конденсатором має свої паразитні властивості, такі як індуктивність та опір. При високих частотах це може негативно впливати на роботу мікросхеми. Тому досить часто виробники рекомендують ставити конденсатори безпосередньо на вивід мікросхеми. У нашому випадку для даного пристрою це не буде критичною проблемою, тому було вирішено ставити конденсатори не на самі виводи, а поряд з ними.

## Висновок до розділу

У даному розділі був виконаний та обґрунтований вибір мікросхем, які використовуються у проекті, а саме для понижуючого перетворювача



напруги для живлення всієї логіки, та блоку захисту від різких змін вхідної напруги, пониженої напруги, а також від помилкової зміни полярності напруги на вході. Вибрано було і мікросхему ПЛІС опираючись на кількість логічних елементів, що знаходяться на кристалі. Були проведені розрахунки резисторів для коректної роботи понижуючого перетворювача напруги та блоку захисту.

Також було розглянуто та обґрунтовано рішення щодо встановлення конденсаторів біля контактів живлення мікросхем. Наведено відомості про підключення камери та інфрачервоного давача за вимогами наведеними в ТЗ. Розроблено структурну схему пристрою та схему електричну принципову.

					<i>ДК61.201219.001ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

## РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

### 3.1 Вибір типу та матеріалу друкованої плати

Друкована плата — пластина, виконана з діелектрика (прикладом може бути склотекстоліт, текстоліт, гетинакс, ситал тощо), на якій сформований хоча б один шар з провідними доріжками. Також бувають варіанти коли такий шар розташований всередині ДП. На такого типу друковану плату монтуються електронні компоненти, які з'єднуються між собою провідними доріжками. У кінцевому результаті така плата являє собою змонтовану друковану плату. Дані плати поділяються на декілька класів, які наведені нижче:

- односторонні, їх також називають одношарові(ОДП)
- двосторонні, їх також називають двошарові(ДДП)
- багатошарові(БДП)

На односторонню друковану плату монтаж елементів відбувається тільки з однієї сторони. Також у них можлива металізація отворів, але у такому випадку вартість односторонньої друкованої плати буде майже дорівнювати вартості двосторонньої. Найчастіше односторонні друковані плати застосовуються в недорогій побутовій техніці. До недоліків даного класу можна віднести малу надійність і відносну слабкість кріплення елементів, які мають властивість відшаровуватися від діелектричної основи плати. Металізовані отвори надають друкованій платі більшу міцність.

Перевагою двосторонньої друкованої плати є те, що вона має два провідні шари, що дозволяє щільніше компонувати елементи і досить сильно підвищує трасувальну здатність друкованої плати. До недоліків двосторонніх плат можна віднести складність забезпечення електричних переходів між сторонами плати. Металізовані отвори в друкованих платах абсолютно змінюють справу. У друкованих плат з металізованими отворами збільшується міцність кріплення між електронними компонентами та

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

друкованою платою, при цьому висока щільність монтажу разом з високою трасувальною здатністю зберігаються.

Багатошарові друковані плати використовуються для проектування більш складних пристроїв, які потребують достатньо високу щільність монтажу компонентів. Кількість шарів на пряму залежить від складності самого проекту (наприклад кількості елементів, кількості виводів цих елементів), який буде виконуватися розробником друкованої плати. В даному підході компоненти монтуються тільки з двох сторін друкованої плати, а в свою чергу внутрішні шари використовуються для з'єднання компонентів між собою. З'єднання провідників відбувається за допомогою міжшарових перехідних отворів. До інших переваг багатошарових друкованих плат відноситься зменшення довжини провідників за рахунок тих самих перехідних отворів, що в свою чергу значно підвищує швидкодію приладу. У багатошарових друкованих плат також є і свої недоліки: дані друковані плати складні в розробці і виготовленні. Виготовлення багатошарових плат значно дорожче двосторонніх і у них значно нижче ремонтпридатність. Але, попри все вище сказане, багатошарові друковані плати надають широкий діапазон можливостей для складних проектів.

Згідно схеми електричної принципової було обрано виготовляти пристрій на основі двошарової друкованої плати. Дане рішення опирається на наступні доводи:

- На платі хоч і будуть розташовуватися елементи з корпусами у яких досить багато виводів, але використовуватися будуть далеко не всі.
- Більшість елементів, які використовуються – для поверхневого монтажу. Їх загальна кількість досить невелика тому обираючи ДДП, її площа буде не набагато більша ніж площа БДП, але розробка буде простішою, а ремонтпридатність вищою.

Так як основним параметром для матеріалів, що будуть використовуватися, є забезпечення високої надійності - було обрано

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

використовувати імпортні матеріали. При виборі матеріалу основна увага приділяється наступним критеріям:

- відносно висока стійкість до механічних впливів;
- високі електроізоляційні властивості;
- стійкість до зміни кліматичних умов та більш великому супротиву до займання ніж звичайний склотекстоліт.

Для даного пристрою нас задовольняє склотекстоліт FR4.

Параметри склотекстоліту FR4:

- максимальна робоча температура 140 °C;
- поверхневий опір  $10^6$  МОм;
- пробивна напруга 55 кВ;
- тангенс кута діелектричних втрат 0,021;
- міцність на прогин 550 МПа;
- гігроскопічність 0,2 %;
- поздовжнє і поперечне викривлення не більше 0,18 %;
- стійкість до розплавлення припою не менше 80 секунд;

Спираючись на все вище перераховане був обраний склотекстоліт FR4. Даний склотекстоліт має досить високі показники діелектричної сталої та є одним з найпопулярніших матеріалів при виготовленні друкованих плат. Його конкурентом може бути склотекстоліт FR5, який ми теж могли б обрати, але різниця в ціні досить велика. Також основною перевагою FR5 перед FR4 є більший супротив до займання. Для нашого приладу значення, які має FR4 є більш є ніж достатніми.

Наступним параметром буде товщина нашої плати. Її ми обираємо 1,5мм. Така товщина забезпечить досить непогану вібростійкість.

При виборі товщина мідної фольги основними критерієм була її товщина. Було розглянуто три варіанти, які б могли підійти для розробки:

- 12 мкм
- 18 мкм

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

- 35 мкм

Всі інші вже будуть мати вплив на роботу нашого приладу. Тож було обрано товщину фольги 35мкм, опираючись на те, що даний варіант підходить і по товщині, і не матиме великого негативного впливу.

Тож підсумовуючи все вище зазначене отримуємо склотекстоліт з параметрами FR-4-2-35-1,5.

### 3.2 Вибір класу точності друкованої плати

Всього існує п'ять класів точності ДП (ГОСТ 23571-86). Вибір класу точності пов'язаний з виробництвом певного пристрою. Кожен клас точності має власні значення для таких параметрів:

- Ширина друкованого провідника
- Відстань між елементами
- Гарантований поясок
- Відношення номінального діаметру найменшого з металізованих отворів до товщини плати

Всі ці дані приведені у таблиці 3.1. та у таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Граничні значення основних параметрів ДМ

Параметр	Позначення	Клас точності			
		2	3	4	5
Ширина друкованого провідника, мм	$b_{\text{пр}^r}$	0,45	0,25	0,15	0,10
Відстань між елементами друкованого монтажу, мм	$l^r$	0,45	0,25	0,15	0,10
Гарантований поясок, м	$b_{\text{по}}$	0,20	0,10	0,05	0,03

Таблиця 3.1 Продовження.

Параметр	Позначення	Клас точності			
		2	3	4	5
Відношення номінального діаметру найменшого з металізованих отворів до товщини друкованої плати, мм	$K_{дт}$	0,40	0,33	0,25	0,20

Таблиця 3.2 – Допустимі похибки виконання елементів ДМ

Похибка	Позначення	Максимальне значення, мм
Зміщення провідників відносно ліній КС	$\delta_{сп}$	0,05
Розташування отворів (всіх) відносно вузлу КС	$\delta_o$	0,07
Розташування КМ відносно вузлу КС	$\delta_{км}$	0,015(0,05)
Фотокопії та фотошаблону	$\delta_{фф}$	0,06
Розташування КМ відносно вузлу КС на фотошаблоні	$\delta_{сш}$	0,05

Виготовлення друкованих плат першого і другого класу точності здійснюється на досить простому обладнанні, а іноді використовується обладнання, яке навіть не призначене для виготовлення друкованих плат. Дані друковані плати мають невисокі конструктивні параметрами і призначені для недорогих приладів з невеликою щільністю монтажу. До

цього класу належать друковані плати любительського рівня і часто являють собою плати одиничного або дрібносерійного виробництва.

Друковані плати з третім класом точності є найбільш поширеними в виробництві, оскільки, з одної сторони, можуть забезпечувати досить високу щільність монтажу та трасування, а з іншої – для виробництва плат з даним класом точності потрібно просте, хоча і спеціалізоване, обладнання.

Друковані плати з четвертим класом точності розробляються на високоточному обладнанні, але вимоги порівнюючи з п'ятим класом точності до матеріалів і обладнання, а також приміщень – нижче .

Друковані плати з п'ятим класом точності вимагають застосування найвисокоточнішого обладнання, також вимагають спеціальних матеріалів, безусадочної фотоплівки і іноді створення у виробничих приміщеннях «чистої зони». Такими засобами зазвичай володіє лише дуже потужне виробництво. Хоча друкована плата може розроблятися використовуючи п'ятий клас точності на обладнанні, яке призначене для плат четвертого класу точності. Повністю вирішувати поставлені задачі та проблеми вдається тільки на реальному виробництві.

Тож, аналізуючи поставлену задачу та характеристики класів точності було обрано використовувати 4-ий клас точності. Основними критеріями на які зверталась увага – використання ПЛІС з великою кількістю виводів, з яких буде використовуватись лише невелика частина. Також одним із аргументів є те, що пристрій має бути компактним, тобто щільність монтажу повинна бути високою.

### 3.3 Вибір методу виготовлення друкованої плати

Для виготовлення друкованої плати було обрано комбінований позитивний метод, оскільки даний спосіб є досить надійним і відносно дешевим порівняно з адитивним та хімічним.

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Комбінований позитивний метод представляє собою виготовлення друкованої плати за допомогою фольгованого діелектрику з металізацією отворів. З самого початку відбувається свердлення отворів і їх металізація, а потім травлення міді з місць, які були пробілені. Під час нанесення рисунку схеми, пробільні місця покриваються захисним шаром. Після того як отвори були просвердлені і відбулося хімічне міднення, проводиться гальванічне осадження міді на провідники, отвори, контактні майданчики, після чого наноситься шар металу. Таким металом може бути сплав олово-свинець, срібло, сплав Розе. Далі видаляється захисний шар з пробільних місць і стравлюється фольга.

Даний метод дає змогу виготовляти друковані плати і підвищеною щільністю монтажу. Також плата виконана за допомогою такого метода має високі електричні параметрами і високу міцність зчеплення провідників, що є важливим аспектом при використанні елементів з великою кількістю виводів.

### 3.4 Розміщення компонентів та трасування ДП

Під час розміщення компонентів увага приділялася найбільш сильнозв'язаним елементам, такими являються елементи пари – XP2-DD1.1 та XP1-DD1.2, які зв'язують ПЛІС та камеру, а інша - ПЛІС та блок виведення інформації. Дані елементи були розміщені у першу чергу для того щоб зменшити довжину провідників. При трасуванні використовувався САПР Altium Designer. В даному САПР було вибрано певні налаштування правил, для обраного класу точності. Трасування виконувалося як за допомогою ручного режиму, так і за допомогою режиму “active route” – автоматичне трасування певного елемента або провідника. Нижче на рисунку 3.1 зображено приклад умовного графічного зображення елемента та на рисунку 3.2 показано трасування та розташування елементів на друкованій платі.

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



Конт.	Конт.
1	3.3V
2	SI0_D
3	SI0_C
4	VSYNC
5	HREF
6	PClk
7	XCLK
8	D0
9	D1
10	D2
11	D3
12	D4
13	D5
14	D6
15	D7
16	RESET
17	PWDN
18	GND

Рисунок 3.1 – Умовне графічне позначення роз'єму

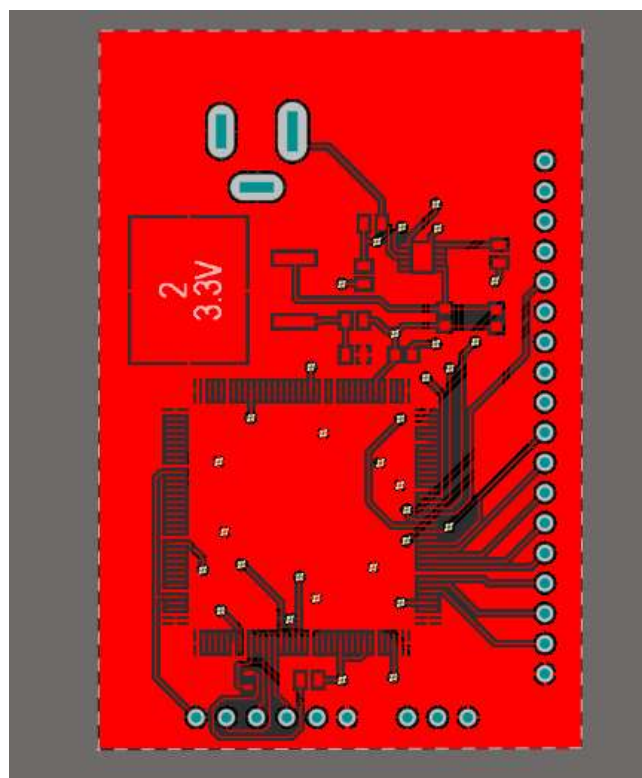


Рисунок 3.2 – Трасування та розташування елементів

## Висновок до розділу

У даному розділі було викладено огляд типу, матеріалу, класу точності та методу виготовлення друкованої плати. Підбиваючи підсумки, тип друкованої плати – двошарова плата. Вибраний матеріал – FR4. Метод виготовлення – комбінований позитивний. Також був обраний 4-ий клас точності, через певні виставлені критерії. Так як в даному проекті використовується багатоконтактний корпус ПЛІС з великою кількістю виводів та досить висока щільність компонування, четвертий клас точності повністю задовольняє дані потреби.

В процесі проектування друкованої плати було виділено найбільш сильнозв'язані елементи пари – XP2-DD1.1 та XP1-DD1.2. Дані елементи були розміщені у першу чергу, так як головним завданням є мінімізація довжини провідників.

Проектування друкованого вузлу виконувалось за допомогою системи автоматизованого проектування Altium Designer. Згідно з обраним класом точності були створені правила трасування (design rule check). Саме трасування виконувалося як за допомогою ручного режиму, так і за допомогою режиму “active route” – автоматичне трасування певного елемента або провідника.

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

## РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ КОНСТРУКТОРСЬКИХ РІШЕНЬ

### 4.1 Конструкторсько-технологічний розрахунок

**Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та “землі”**

Розрахуємо мінімальну ширину друкованого провідника ланцюгів живлення і землі за формулою:

$$b_{minI} = \frac{I_{max}}{j_{доп} * t_{пров}}, \quad (4.1)$$

де:  $I_{max}$  – максимально можливий струм у ланцюгу;

$j_{доп}$  – допустима щільність струму друкованого провідника, що виготовлений комбінованим позитивним методом,  $j_{доп}=48$  А/мм<sup>2</sup>.

$t_{пров}$  – товщина друкованого провідника, що визначається виразом:

$$t_{пров} = h_{\phi} + h_{ГМ} + h_{ХМ}, \quad (4.2)$$

де:  $h_{\phi}$  – товщина фольги матеріалу  $h_{\phi}=0,035$  мм;

$h_{ГМ}$  – товщина гальванічно осадженої міді  $h_{ГМ}=0,055$  мм;

$h_{ХМ}$  – товщина шару хімічно осадженої міді  $h_{ХМ}=0,0065$  мм.

Розраховуємо підставляючи значення в формулу (4.2) та отримуємо:

$$t_{пров} = 0,035 + 0,055 + 0,0065 = 0,097 \text{ мм}$$

Параметер  $I_{max}$  у формулі (4.1) визначається як сума струмів, що споживаються активними елементами схеми. Значення струмів, що споживаються активними елементами схеми наведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Активні елементи, що споживають струм

IC	Кількість IC	Максимальний $I_{\text{спож}}, \text{мА}$
10M40SAE144C8G	1	250
LM317	1	14
TPS2596B	1	1

В результаті маємо:

$$I_{\text{max}} = 250 + 14 + 1 = 265 \text{ мА}$$

Тоді мінімальна ширина друкованого провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення та “землі” визначається наступним чином:

$$b_{\text{minI}} = \frac{0,265}{48 * 0,097} = 0,057 \text{ мм}$$

Отримане значення мінімальної ширини провідника повністю задовольняє четвертий клас точності при  $b_{\text{пр}}^c = 0,15 \text{ мм}$ , таким чином, враховуючи те, що одна з основних мікросхем споживає досить велику кількість струму оптимальна ширина провідника на постійному струмі для ланцюгів джерела живлення та “землі” була обрана 0,25 мм.

**Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння на ньому напруги**

Мінімальна ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому визначається наступним виразом:

$$b_{\text{minU}} = \frac{\rho * I_{\text{max}} * L_{\text{пров}}}{t_{\text{пров}} * U_{\text{доп}}}, \quad (4.3)$$

де:  $\rho$  - питомий опір провідника, виготовленого комбінованим позитивним методом,  $\rho = 0,0175 \text{ Ом} * \text{мм}^2 / \text{м}$ ;

$L_{\text{пров}}$  – довжина найдовшого друкованого провідника на друкованій платі

$U_{\text{доп}}$  – допустиме падіння напруги на друкованому провіднику  $U_{\text{доп}} = 0,05 * U_{\text{жив}}$

$$L_{\text{пров}} = 0,036 \text{ м}$$

$$U_{\text{доп}} = 5,5 * 0,05 = 0,275 \text{ В},$$

за формулою 4.4:

$$b_{\min U} = \frac{\rho * I_{\max \text{act}} * L_{\text{пров}}}{t_{\text{пров}} * U_{\text{доп}}} = \frac{0,0175 * 0,256 * 0,036}{0,097 * 0,275} = 6,1 * 10^{-3} \text{ (мм)}.$$

Як видно з розрахунків, обрана ширина в 0,15 мм цілком задовольняє вимогам.

#### **Визначимо номінальний діаметр монтажного отвору**

Номінальний діаметр монтажного отвору визначається для виводів male pin так як в схемі лише вони є штирьовими і для них потрібно робити отвори для яких діаметр потрібно обраховувати за формулою вказаною нижче.

$$d \geq d_{\text{ве}} + \Delta d_{\text{МО}} + r, \quad (4.4)$$

де:  $d_{\text{ве}}$  – діаметр виводу елемента, для якого визначається діаметр монтажного отвору

$\Delta d_{\text{МО}}$  – нижнє граничне відхилення елемента від номінального діаметру МО,  $\Delta d_{\text{МО}} = 0,1 \text{ мм}$

$r$  – різниця між мінімальним діаметром МО та максимальним діаметром виводу елемента,  $r = 0,1 \dots 0,2 \text{ мм}$ . В цьому випадку виходить якісне заповнення МО при пайці та оптимальна вага пайки.

$$d \geq d_{\text{ве}} + \Delta d_{\text{МО}} + r = 0,6 + 0,1 + 0,1 = 0,8 \text{ мм}$$

### Визначимо діаметр контактної майданчику

Приклад розрахунку КМ буде проведений для male pin, так як лише вони є штирьовими і для них прийдеться робити отвір.

$$D_{min} = D_{min1} + 1,5h_{\phi} + 0,03, \quad (4.5)$$

де:  $D_{min}$  – мінімальний ефективний діаметр КМ, мм

$h_{\phi}$  – товщина фольги,  $h_{\phi} = 0.035$  мм. Коефіцієнт  $1,5h_{\phi}$  враховує підтравлювання фольги друкованого провідника в ширину.

0,03 – КМ виготовляють комбінованим позитивним методом.

$$D_{min} = 2 * \left( b_{по} + \frac{d_{max}}{2} + \delta_o + \delta_{км} \right), \quad (4.6)$$

де:  $d_{max}$  – максимальний діаметр просвердленого отвору в ДП, мм

$b_{по}$  – ширина пояса КМ,  $b_{по} = 0,05$  мм

$\delta_o$  – похибка розташування центру отвору відносно вузла КС,  $\delta_o = 0,07$  мм

$\delta_{км}$  – похибка розташування центру КМ відносно вузлу КС,  $\delta_{км} = 0,05$  мм

Максимальний діаметр просвердленого отвору ДП:

$$d_{max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15), \quad (4.7)$$

де:  $d$  – номінальний діаметр МО, мм

$\Delta d$  – допуск на діаметр отвору,  $\Delta d = 0,05$  мм

$$d_{max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) = 0,8 + 0,05 + 0,1 = 0,95 \text{ (мм)}$$

$$D_{min1} = 2 * \left( b_{по} + \frac{d_{max}}{2} + \delta_o + \delta_{км} \right) = 2 * \left( 0,05 + \frac{0,95}{2} + 0,07 + 0,05 \right) = 1,29 \text{ (мм)}$$

$$D_{min} = D_{min1} + 1,5h_p + 0,03 = 1,29 + 1,5 * 0,035 + 0,03 = 1,37 \text{ (мм)}$$

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Нас цікавить максимальний діаметр КМ:

$$D_{max} = D_{min} + 0,02$$

$$D_{max} = 1,37 + 0,02 = 1,39 \text{ (мм)}$$

#### Визначення мінімальної та максимальної ширини провідника

$$b_{min} = b_{пр}^r + 1,5 * h_{\phi} + 0,03, \quad (4.8)$$

де:  $b_{пр}^r$  – мінімальна ширина провідника, в нашому випадку,  $b_{пр}^r = 0,15$  мм.

Підставляємо значення в формулу 4.8:

$$b_{min} = b_{пр}^r + 1,5 * h_{\phi} + 0,03 = 0,15 + 1,5 * 0,035 + 0,03 = 0,2325 \text{ мм}$$

Тоді максимальна ширина провідника:

$$b_{max} = b_{min} + 0,02 = 0,2325 + 0,02 = 0,2525 \text{ мм}$$

#### Розрахунок відстані між провідником та контактним майданчиком

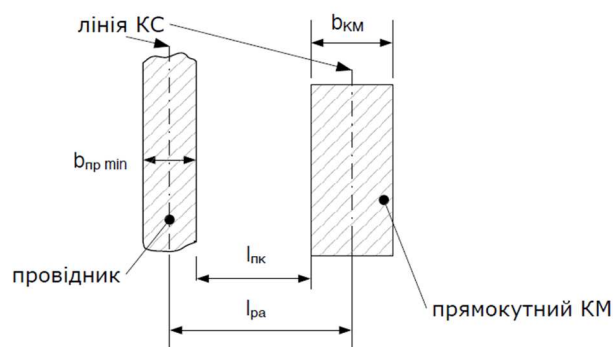


Рисунок 4.1 – Відстань між контактним майданчиком та провідником

$$l_{\text{ПКМ min}} = L_0 - \left( \frac{b_{\text{КМ}}}{2} + \delta_{\text{КМ}} + \frac{b_{\text{пр}}}{2} + \delta_{\text{сп}} \right), \quad (4.9)$$

де:  $L_0$  - відстань між центрами КМ та друкованого провідника, що є кратним кроку КС:

$$L_0 = 0,5 \text{ мм}$$

$b_{\text{КМ}}$  - ширина КМ

$b_{\text{пр}}$  - ширина провідника

$\delta_{\text{КМ}}$  - похибка розташування центру КМ відносно вузлу КС,  $\delta_{\text{КМ}} = 0,05 \text{ мм}$  (табл. 2)

$\delta_{\text{сп}}$  - похибка, що враховує зміщення провідника,  $\delta_{\text{сп}} = 0,05 \text{ мм}$

$$\begin{aligned} l_{\text{ПКМ min}} &= L_0 - \left( \frac{b_{\text{КМ}}}{2} + \delta_{\text{КМ}} + \frac{b_{\text{пр}}}{2} + \delta_{\text{сп}} \right) \\ &= 0,5 - \left( \frac{0,225}{2} + 0,05 + \frac{0,25}{2} + 0,05 \right) = 0,16 \text{ мм} \end{aligned}$$

**Визначемо мінімальну відстань між двома сусідніми провідниками (між їх внутрішніми краями)**

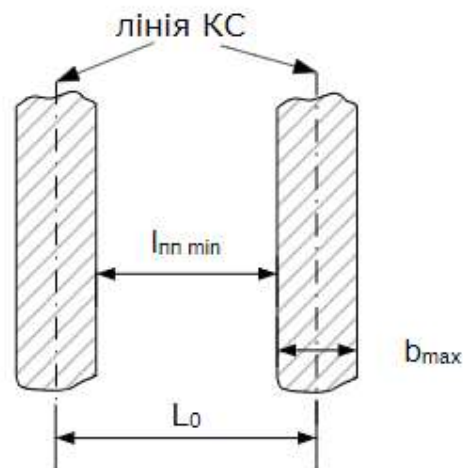


Рисунок 4.2 – Відстань між провідниками



$$l_{\text{ПП min}} = L_0 - (b_{\text{max}} - 2 * \delta_{\text{сп}}), \quad (4.10)$$

для даного розрахунку  $L_0 = 0,5$ ,

$$l_{\text{ПП min}} = L_0 - (b_{\text{max}} - 2 * \delta_{\text{сп}}) = 0,5 - (0,25 - 2 * 0,05) = 0,35 \text{ мм}$$

**Визначемо мінімальну довжину між двома контактними майданчиками**

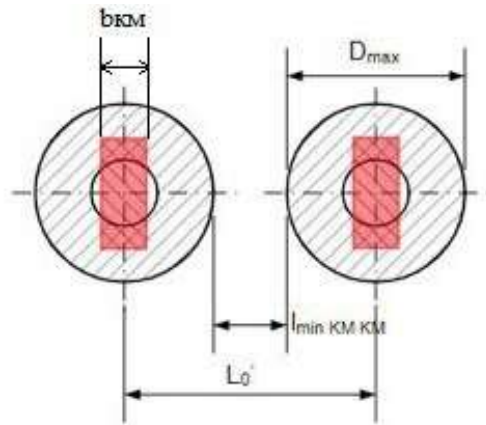


Рисунок 4.3 – Відстань між округлими контактними майданчиками

$$l_{\text{KM KM min}} = L_0 - (D_{\text{max}} + 2 * \delta_{\text{сп}}), \quad (4.11)$$

де:  $L_0$  – відстань між центрами сусідніх КМ для ХР1-3,  $L_0 = 2,54$

$$l_{\text{KM KM min}} = L_0 - (D_{\text{max}} + 2 * \delta_{\text{сп}}) = 2,54 - (1,39 + 2 * 0,05) = 1,05 \text{ мм}$$

## 4.2 Електричний розрахунок друкованої плати

Компактність є однією з важливих частин при розробці електронних пристроїв через певні критерії, які впливають на характеристики цього приладу, наприклад, таких як: габаритні параметри, масу, та ін. Але зі зменшенням розмірів, як самих конструктивних елементів так і зі збільшенням щільності компонування цих елементів, між сигнальними

провідниками та самими компонентами виникають паразитні ємнісні та індуктивні зв'язки, які в свою чергу можуть впливати на компоненти та призводити до помилкового спрацювання і до некоректної роботи схеми. Тому для запобігання такого роду проблем потрібно обраховувати ці значення, щоб переконатися у тому, що вони знаходяться в допустимих межах і не будуть впливати на коректну роботу схеми. Ця паразитна ємність та індуктивність сигнального зв'язку проявляється у затримці розповсюдження сигналу. Час затримки визначається струмом, опором навантаження та опором сигнального провідника. Розрахунок даних параметрів проведений нижче.

### **Визначення падіння напруги на найдовшому провіднику**

Падіння напруги на друкованому провіднику визначається:

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho * I_{\text{max}} * l_{\text{пр}}}{h_{\text{пр}} * t_{\text{пр}}}, \quad (4.12)$$

де:  $\rho$  - питомий об'ємний опір для комбінованого позитивного методу виготовлення ДП,  $\rho = 0,0175 \text{ Ом} * \text{мм}^2 / \text{м}$

$l_{\text{пр}}$  – максимальна довжина друкованого провідника, м

$t_{\text{пр}}$  – товщина провідника, мм

$I_{\text{max}}$  – струм у провіднику, А

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho * I_{\text{max}} * l_{\text{пр}}}{h_{\text{пр}} * t_{\text{пр}}} = \frac{0,0175 * 0,265 * 0,036}{0,15 * 0,097} = 0,011 \text{ В}$$

Розраховане падіння напруги має значення 0,2 %, яке очевидно не перевищує 5 % і лежить в межах норми.

### Визначення потужності втрат

Визначемо потужність втрат двосторонньої друкованої плати. Потужність втрат визначається:

$$P_{BT} = 2\pi f * C * E_{\Pi}^2 * tg\sigma, \quad (4.13)$$

де:  $f = 1$ , тому що розрахунок ведеться на постійному струмі

$tg\sigma$  – тангенс кута діелектричних втрат для матеріалу друкованої плати,  $tg\sigma = 0,002$  для матеріалу FR4

$C$  – ємність друкованої плати, що вираховується за формулою нижче

$$C = \frac{0,009 * \varepsilon * S_m}{h}, \quad (4.14)$$

де:  $\varepsilon$  – діелектрична проникність матеріалу, для FR4  $\varepsilon = 4,5$

$S_m$  – площа металізації,  $\text{мм}^2$

$h$  – товщина друкованої плати,  $\text{мм}$

$$C = \frac{0,009 * \varepsilon * S_m}{h} = \frac{0,009 * 4,5 * 4316,12}{1,5} = 116 \text{ нФ}$$

$$P_{BT} = 2 * 3,14 * 1 * 116 * 10^{-9} * 15^2 * 0,002 = 0,32 \text{ мкВт}$$

**Визначення ємності між двома сусідніми провідниками, що розташовані на одній стороні друкованої плати:**

$$C = 0,12 * \varepsilon * l_{\text{пр}} \left[ \lg \frac{2S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1}, \quad (4.15)$$

де:  $S$  – відстань між двома паралельними провідниками,  $\text{мм}$

$b_{\text{пр}}$  – ширина друкованого провідника,  $\text{мм}$

$t_{\text{пр}}$  – товщина друкованого провідника,  $\text{мм}$

$l_{\text{пр}}$  – довжина взаємного перекриття двох паралельних провідників,  $\text{мм}$

$$C = 0,12 * \varepsilon * l_{\text{пр}} \left[ \lg \frac{2S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1} = 0,12 * 4,5 * 11 \left[ \lg \frac{2 * 0,825}{0,2 + 0,097} \right]^{-1} \\ = 2,05 \text{ (пФ)}$$

### Визначення взаємної індуктивності

Взаємна індуктивність двох паралельних провідників однакової довжини

$$M = 0.02 * \left( l_{\text{пр}} * \lg \frac{\sqrt{I_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_{\text{пр}}}{L_0} - \sqrt{I_{\text{пр}}^2 + L_0^2} - L_0 \right), \quad (4.16)$$

де:  $l_{\text{пр}}$  – довжина перекриття паралельних провідників, см

$L_0$  – відстань між вісьовими лініями двох паралельних провідників, см

$$M = 0,02 * \left( l_{\text{пр}} * \lg \frac{\sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_{\text{пр}}}{L_0} - \sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + L_0 \right) \\ = 0,02 \left( 1,1 * \lg \frac{\sqrt{1,21 + 0,0095} + 1,1}{0,0975} - \sqrt{1,21 + 0,0095} + 0,0975 \right) = 0,00578 \text{ (нГн)}$$

Розрахувавши значення паразитної ємності та індуктивності можна стверджувати, що вони не впливають на коректну роботу схеми так як їх значення  $C = 2,05$  пФ та  $M = 5,78$  пГн лежать у допустимих межах

### 4.3 Розрахунок основних показників надійності друкованого вузла

Надійність – один з найважливіших параметрів електронного пристрою. По своїй суті це властивість приладу виконувати всі свої функції, зберігаючи експлуатаційні показники протягом певного заданого часу та можливості відновити функціонування втрачених можливостей.

Найточнішою кількісною мірою надійності кожного конструктивного елементу є його індивідуальне напрацювання на відмову. На практиці ж достатньо повна характеристика надійності - щільність розподілення часу безвідмовної роботи даного типу КЕ  $f(t)$  та інтенсивність відмов  $\lambda(t)$ . Функції  $f(t)$  та  $\lambda(t)$  визначаються експериментально. При цьому період нормальної експлуатації для ІС характеризується високою надійністю. Тоді величини  $f(t)$  та  $\lambda(t)$  пов'язані відношенням:

$$f(t) = \lambda^{-\lambda t} \quad (4.17)$$

Знаючи  $f(t)$  та  $\lambda(t)$ , можна визначити інші кількісні характеристики надійності протягом часу від 0 до  $t$

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - e^{-\lambda} \quad (4.18)$$

Важливою характеристикою надійності також є середній час безвідмовної роботи, який визначається за формулою нижче:

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda} \quad (4.20)$$

Інтенсивність відмов ЕРЕ є їх вихідною характеристикою надійності, яка залежить від режиму роботи та від зовнішніх чинників і їх тяжкості. До таких чинників відносяться температура, вологість, вібрації та ін.

Тоді можна записати вираз:

$$\lambda_e = \lambda_{0e} * K_1 * K_2 * \dots * K_n, \quad (4.21)$$

де:  $\lambda_{0e}$  – інтенсивність відмов елементу при нормальних умовах роботи: температура навколишнього середовища  $T_{\text{навк.сер.}} = 20 \pm 5^\circ \text{C}$ , відносна вологість -  $65 \pm 15\%$ , коефіцієнт електричного навантаження,  $K_n = 1$ ,  $K_1, K_2, \dots, K_n$  – поправочні коефіцієнти, що враховують режими роботи та умови експлуатації.

Для врахування впливу режиму роботи та інтенсивності відмов ЕОА коефіцієнт навантаження  $K_H = \frac{H_{\text{роб}}}{H_{\text{ном}}}$ , що дорівнює відношенню навантаження в робочому режимі до навантаження в номінальному режимі.

Коефіцієнт навантаження для резисторів

$$K_{H_R} = \frac{P_{\text{роб}}}{P_{\text{ном}}} = \frac{U_{\text{роб}}^2}{R * P_{\text{ном}}} \quad (4.21)$$

$$K_{H_{R1}} = \frac{3,3^2}{240 * 0,125} = 0,36$$

Для усіх інших резисторів, розраховані  $K_H$  наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Коефіцієнти навантаження для усіх резисторів у схемі

Резистор	Номінал резистору, Ом	$U_{\text{роб}}, \text{В}$	$K_H$
R1	240	3,3	0,36
R2	390	3,3	0,22
R3	$10^6$	5,5	0,00024
R4	$2,2 * 10^6$	5,5	0,0001
R5	55	3,3	1,45
R6	$10^5$	5,5	0,0024

Для конденсаторів:

$$K_{H_C} = \frac{U_{\text{роб}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{5,5}{16} = 0,34 \quad (4.22)$$

Визначемо результуючу інтенсивність відмов друкованого вузлу блоку кодування охоронної системи. Друкований вузол відноситься до наземної апаратури, експлуатується при температурі до  $T_p = 50^\circ \text{C}$ . Вихідні дані для  $\lambda_p$

- схема принципова, перелік елементів, графіки залежності коефіцієнтів, що враховують зміну температур.

В таблиці 4.3 нижче наведені: елементи, коефіцієнти навантаження, кількість елементів, базова інтенсивність відмов, коефіцієнти, що враховують зміну температур.

Таблиця 4.3 – Значення для визначення надійності

Компонент	N	$\lambda_{0e} * 10^{-6}, \text{год}^{-1}$	$K_n$	$a_t$	$a_e$	$N\lambda_{0e} K_n a_t a_e * 10^{-6}$
Конденсатор	6	0,6	0,34	0,4	10	4,896
Резистор R1	1	0,04	0,36	0,2	10	0,028
Резистор R2	1	0,04	0,22	0,2	10	0,0176
Резистор R3	1	0,04	0,00024	0,2	10	0,017
Резистор R4	1	0,04	0,0001	0,2	10	0,00008
Резистор R5	1	0,04	1,45	0,2	10	0,116
Резистор R6	1	0,04	0,0024	0,2	10	0,0001
Світлодіод	1	0,034	0,92	0,2	10	0,095
ІС	3	0,25	1	1	10	7,5
Друкована плата	2	1	1	1	10	20
Контактний роз'єм	27	0,05	1	1	10	13,5
Пайка выводів	65	0,00007	1	1	10	0,455

В таблиці  $a_e$  – поправочний коефіцієнт що враховує зовнішні впливи(для наземної стаціонарної апаратури  $a_e = 10$ ) ,  $a_t$  – поправочний температурний коефіцієнт для кліматичного виконання приладу УХЛЗ.1 встановлює максимальну температуру роботи в  $+ 50^{\circ}\text{C}$ .

Результуюча інтенсивність відмов дорівнює сумі інтенсивностей відмов компонентів:

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^n \lambda_{pi} = 46,63 * 10^{-6} \text{ (год}^{-1}\text{)}$$

Середній час напрацювання до першої відмови:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{46,63 * 10^{-6}} = 21739,13 \text{ (год)}$$

Ймовірність безвідмовної роботи протягом року:

$$P = e^{-\lambda_p * t} = e^{-46,63 * 10^{-6} * 8760} = 0,665$$

Ймовірність відмов протягом року:

$$Q(t) = 1 - 0,665 = 0,335$$

Графік залежності безвідмовної роботи ДВ та ймовірність відмов ДВ від часу експлуатації представлені на рисунку 4.4, де:

$Q(t)$  – ймовірність відмов,

$P(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи.



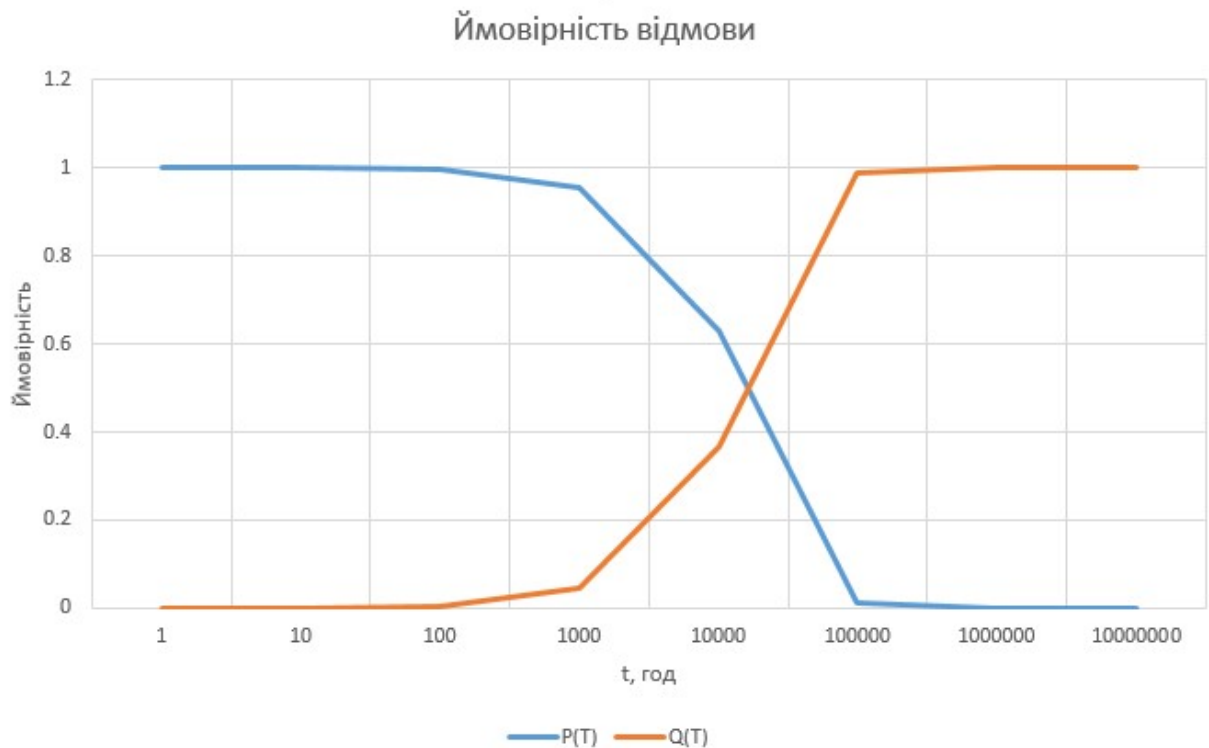


Рисунок 4.4 – Ймовірність відмови

#### 4.4 Розрахунок віброміцності друкованого вузла

Матеріалом друкованої плати є склотекстоліт, його основні параметри наведені нижче:

- часовий опір  $\sigma_T = 105$  МПа;
- модуль Юнга  $E = 3,2 \cdot 10^{10}$  Па;
- коефіцієнт Пуассона  $\mu = 0,22$ ;
- показник затухання  $\varepsilon = 0,06$ ;
- питома густина  $\nu = 2,05 \cdot 10^4$  Н/м<sup>3</sup>;
- коефіцієнт запасу міцності  $n_1 = 2$ .

Друкована плата має наступні розміри  $a$  (мм)  $\times$   $b$  (мм)  $\times$   $h$  (мм) = 57,5  $\times$  40  $\times$  1,5. Маса елементів на друкованій платі наведена в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 Маса елементів на ДВ.

Елемент	Позначення	Кількість	Маса одного ел. , г	Маса усіх ел. , г
Мікросхеми	10M25SAE144 C8G	1	1,46	1,46
	LM317	1	3	3
	TPS2592B	1	0,7	0,7
Роз'єми	18-pin PLS роз'єм	9	0,35	3,15
	3-pin PLS роз'єм	3	0,35	1,05
	6-pin PLS роз'єм	6	0,35	2,1
	PJ-002B	1	2,5	2,5
Конденсатори	Типорозмір 0603	10	0,3	3
Світлодіод	Типорозмір 0603	1	0,011	0,011
Резистори	Типорозмір 0805	6	0,066	0,396

Знаходимо масу плати та елементів.

Маса плати розраховується за формулою 4.23.

$$m_{\Pi} = a * b * h * \rho, \quad (4.23)$$

де:  $\rho = 2,05 \text{ г/см}^3$  – густина склотекстоліту FR-4, враховуючи друковані провідники.

$$m_{\Pi} = 5,75 * 4 * 0,15 * 2,05 = 8,625 \text{ г}$$

Враховуючи інформацію з таблиці 4.4, порахуємо суму мас усіх елементів на ДВ.

$$m_e = 17,38 \text{ (г)}$$

Обраний тип закріплення друкованої плати – спирання на 4 сторони (рисунок 4.5).

Спирання на 4 сторони



$$\alpha = \pi^2 \cdot \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right)$$

Рисунок 4.5 – Тип закріплення друкованої плати

Шукаємо коефіцієнт  $K_B$ :

$$K_B = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{m_{\text{э}}}{m_{\text{п}}}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{17,38}{8,62}}} = 0,578, \quad (4.24)$$

Шукаємо коефіцієнт  $\alpha$ , враховучи що плата шарнірно закріплена:

$$\alpha = \pi^2 * \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right) = \pi^2 * \left(1 + \frac{0,057^2}{0,04^2}\right) = 18,05 \quad (4.25)$$

Вираховуємо циліндричну жорсткість  $D$ :

$$D = \frac{E \cdot \delta^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)}, \quad (4.26)$$

де:  $\mu$  – коефіцієнт Пуассона;

$\delta$  – товщина плати;

$E$  – модуль Юнга.

Розрахуємо циліндричну жорсткість за формулою 4.26:

$$D = \frac{24 * 10^9 * 0,0015^3}{12 * (1 - 0,2^2)} = 6,875 \text{ (Н * м)}$$

Вираховуємо власну частоту коливань друкованої плати:

$$f_{\text{влас}} = \frac{K_B * \alpha}{2 * \pi * a^2} * \sqrt{\frac{D * g}{v * \delta}}, \quad (4.27)$$

де:  $D$  – циліндрична жорсткість;

$v$  – питома щільність ;

$g$  – гравітаційна стала;

$\delta$  – товщина плати.

Підставляємо значення у формулу 4,27.

$$f_{\text{влас}} = \frac{0,578 * 18,05}{2 * \pi * 0,057^2} * \sqrt{\frac{6,875 * 9,81}{19000 * 0,0015}} \approx 860,96 \text{ (Гц)}$$

$f_{\text{влас}} > 250$  Гц, це означає, що конструкція абсолютно жорстка. Тому розрахунок динамічного прогину можна не розраховувати.

### Висновок до розділу:

В даному розділі були проведені розрахунки, які пов'язані з обраними компонентами, типом друкованої плати та класом точності, що підтверджують коректність обраних конструкторських рішень.

Були зроблені розрахунки ширини провідників та їх проміжок при трасуванні між монтажними отворами та контактними майданчиками, що підтверджують правильність вибору четвертого класу точності.

Розрахувавши значення паразитної ємності та індуктивності можна стверджувати, що вони не впливають на коректну роботу схеми так як їх значення  $C = 2,05$  пФ та  $M = 5,78$  пГн відповідно, лежать у допустимих межах.

В даному розділі був проведений аналіз та вирахована надійність ДВ. Надійність була порахована з деякими спрощеннями враховуючи лише найгірший варіант, наприклад, для конденсаторів, через це розрахована

надійність є дещо меншою за фактичну. Середній час напрацювання склав 21739,13 год, що задовольняє вимогам технічного завдання. Ймовірність безвідмовної роботи протягом року склала 0,665, в свою чергу ймовірність відмов протягом року склала 0,335.

Також був проведений розрахунок віброміцності, який показав, що друкована плата є абсолютно жорсткою, так як власна частота  $f_{\text{влас}} = 860,96$  Гц.

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## РОЗДІЛ 5. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ БЛОКУ СТИСНЕННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ У САПР

### 5.1 Проектування друкованої плати у середовищі Altium Designer

Перш за все відбулося проектування друкованої плати. Розробка велася за допомогою САПР Altium Designer і виконувалася в послідовності наведеній нижче.

Спочатку був створений проект та відбувалося налаштування середовища Altium Designer. Далі було створено бібліотеку компонентів згідно ГОСТ. Після цього, використовуючи раніше створену бібліотеку умовно графічних позначень, була розроблена схема електрична принципова.

Наступним кроком стало створення бібліотеки посадкових місць та 3D корпусів для елементів, які використовуються у проекті. Дані посадкові місця та 3D моделі були під'єднані до відповідних елементів з бібліотеки умовно графічних позначень, створеної раніше.

Останнім, але не менш важливим було розміщення елементів на друкованій платі та її трасування. Для цього в даному САПР було створено деякі правила трасування відповідно до раніше обраного класу точності, відстані від провідників до монтажних отворів та контактних майданчиків. Трасування виконувалося як за допомогою ручного режиму, так і за допомогою режиму “active route” – автоматичного трасування певного елемента або провідника. Також при розстановці елементів приділялася увага найбільш сильнозв'язаним елементам, таким як XP2-DD1.1 та XP1-DD1.2, один з них зв'язує ПЛІС та камеру, а інший - ПЛІС та блок виведення інформації. Нижче на рисунку 5.1 зображений друкований вузол, який був розроблений.

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

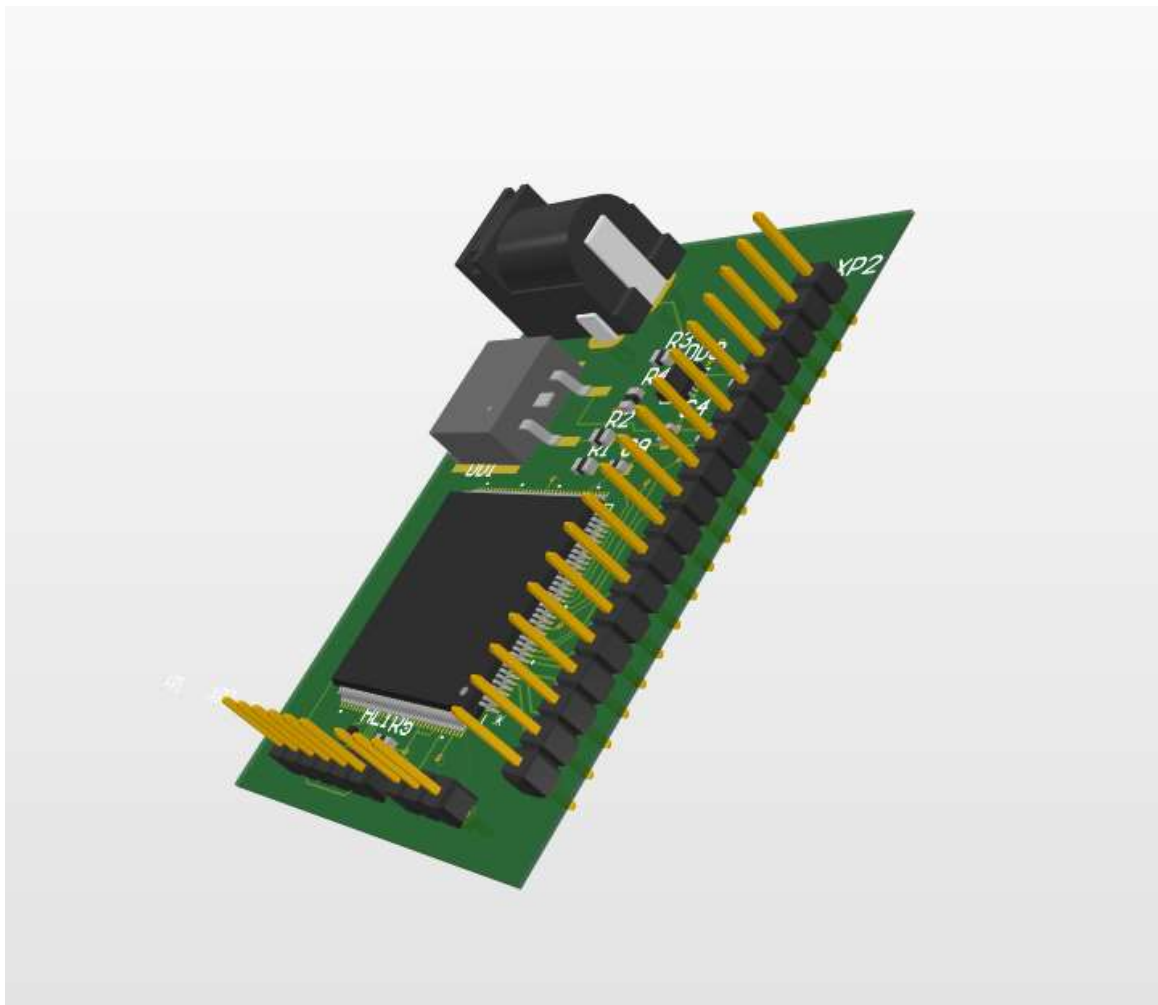


Рисунок 5.1 – Розроблений друкований вузол

## 5.2 Алгоритм роботи блоку контролю охоронної системи

На рисунку 5.2 зображена блок-схема алгоритму роботи блоку контролю охоронної системи, а саме його основні етапи з початку роботи (від конфігурування і до відправки даних користувачу).

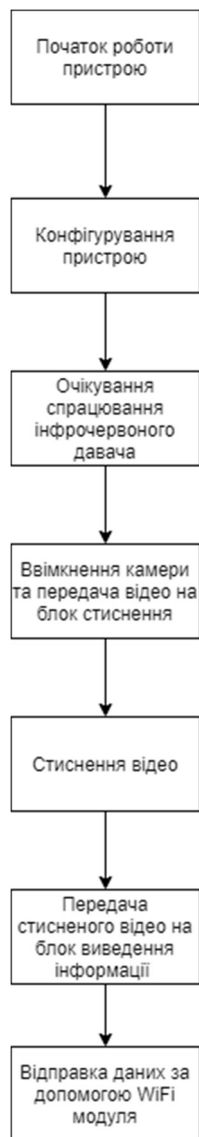


Рисунок 5.2 – Блок схема алгоритму роботи блоку контролю

### 5.3 Моделювання блоку стиснення

При моделюванні використовувалося середовище Matlab. По суті, Matlab являє собою пакет прикладних програм для числового аналізу, та використовує свою мову програмування, яка має таку ж назву. Дане середовище є гарним засобом для роботи з математичними матрицями, для відображення функцій та роботи з різними алгоритмами.

Основна ідея MPEG алгоритму стиснення - розбити зображення на блоки  $8 * 8$  пікселів і застосувати до кожного з блоків окремо дискретне косинусне перетворення. Також в Motion JPEG кожен відеокадр зображення стискується окремо з використанням стандарту JPEG. Ніяких інших



додаткових алгоритмів при цьому не використовується. Безумовною перевагою цього методу є можливість редагування відео без втрат якості, так як кадри є незалежними. В свою чергу основним недоліком даного алгоритму є помітна «блочність або піксельність» зображення через розбиття на ті самі блоки  $8 * 8$  при високих коефіцієнтах стиснення.

Тож для демонстрації результату було обрано стиснення фотографії в форматі JPG, через зазначене вище твердження про стиснення кожного кадру окремо. Результат до і після стиснення фотографії можна побачити нижче на рисунку 5.2 та на рисунку 5.3.

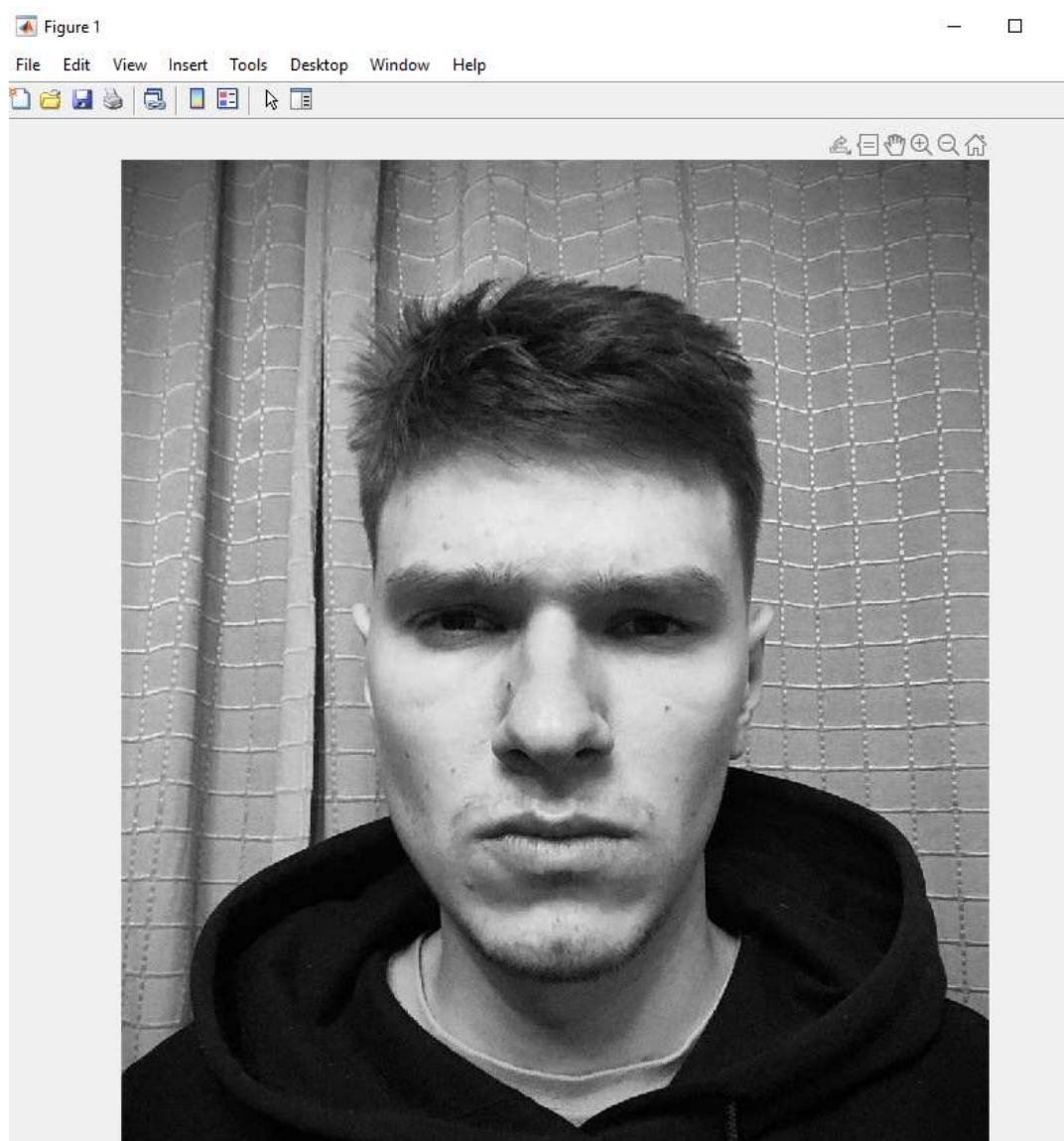


Рисунок 5.2 – Фотографія до стиснення

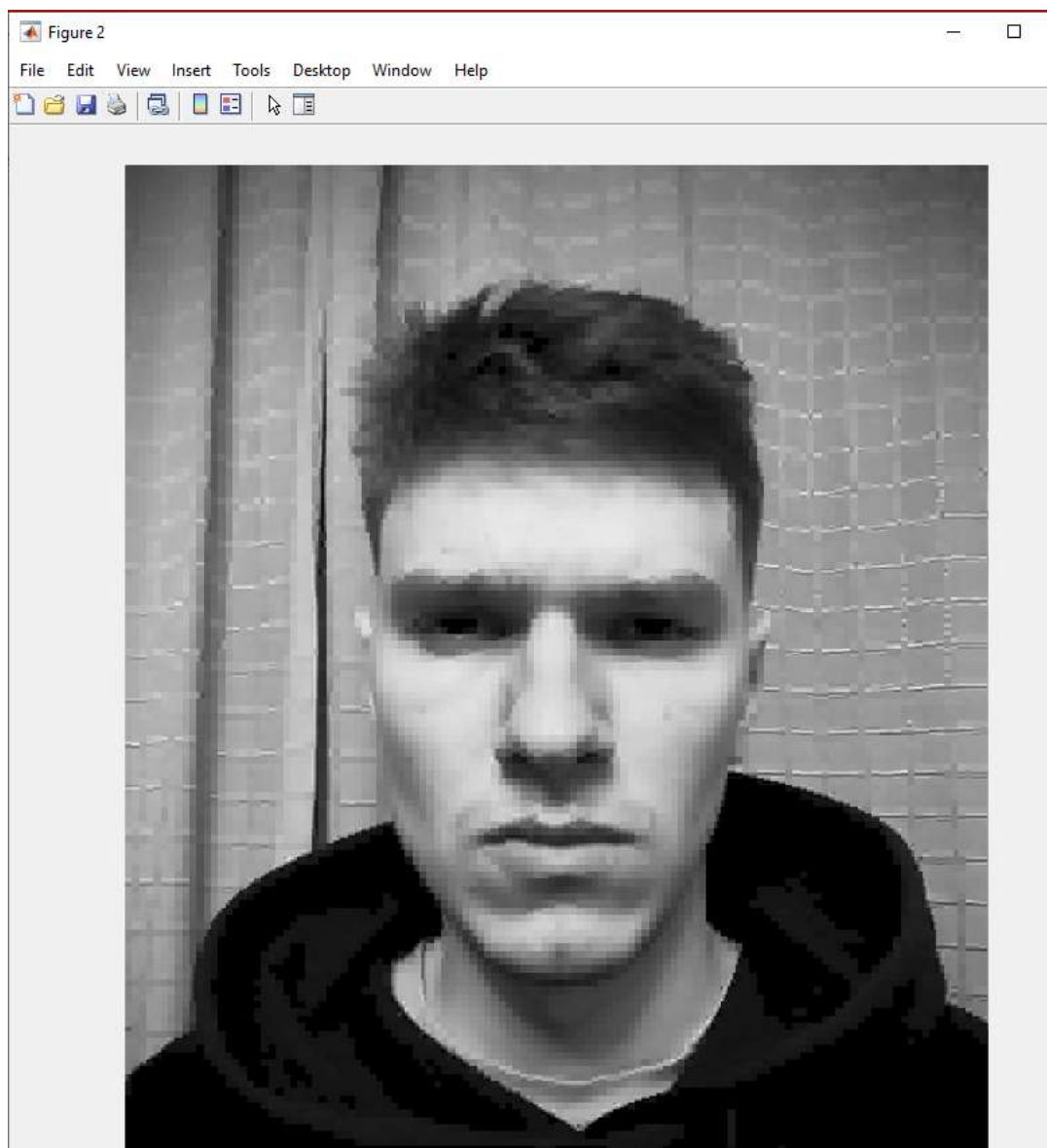


Рисунок 5.3 – Фотографія після стиснення

Також нижче на рисунку 5.4 та рисунку 5.5 наведені значення розмірів вищезазначених фотографій.

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

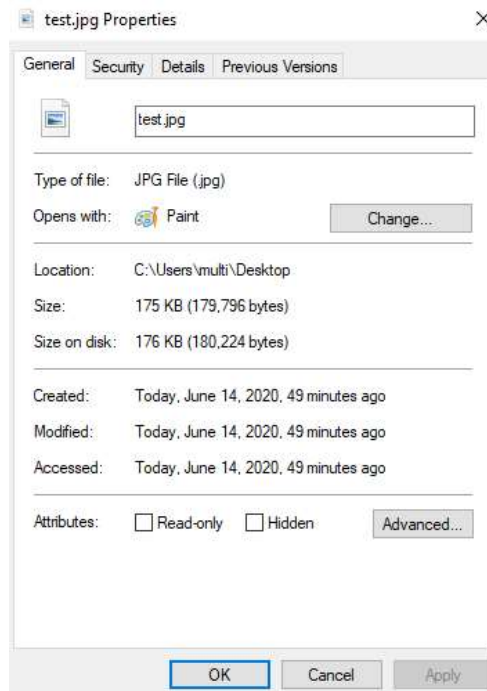


Рисунок 5.4 – Розмір фотографії до стиснення

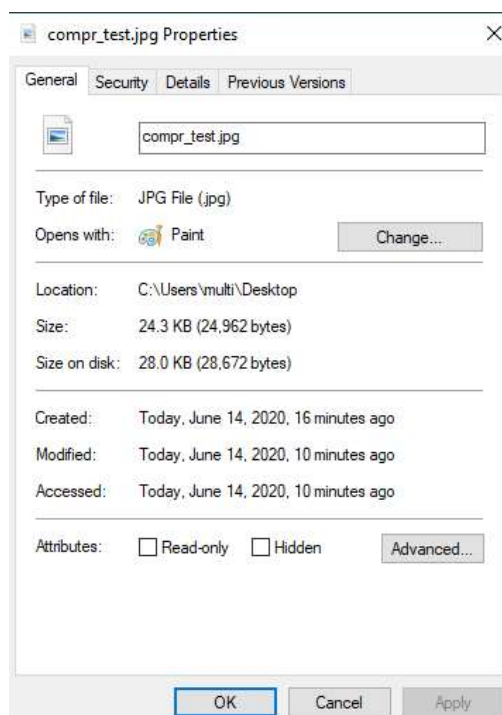


Рисунок 5.5 – Розмір фотографії після стиснення.

Як можна побачити з результатів розмірів до і після стиснення (на малюнках 5.4 та 5.5), об'єм файлу зменшився майже в 7,5 разів, що є дуже непоганим результатом так як якість зображення стала трохи піксельною, але

все ще досить непоганої якості, щоб розрізнити на ній людину. Нижче у ДОДАТОК Б наведено програмний код, який використовувався для реалізації даного стиснення.

### **Висновок до розділу:**

В даному розділі було розглянуто проектування друкованого вузла у середовищі Altium Designer. А саме - розглянуто алгоритм проектування друкованого вузлу від створення бібліотеки умовних графічних позначень до розташування елементів та їх трасування.

Також було зображено загальну блок-схему алгоритму роботи блоку контролю охоронної системи. В останню чергу було проведено моделювання блоку стиснення. В якості вхідного кадру було обрано фотографію, та застосовано дискретне косинусне перетворення, яке використовується в MPEG та JPEG. Результатом стало зображення, розміри якого зменшилися в 7,5 разів, а сама фотографія залишається досить непоганої якості.

					<i>ДК61.201219.001ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

## ВИСНОВКИ

В першому розділі розглядалися загальні теоретичні відомості, які в подальшому знадобилися для реалізації даного пристрою. Також були розглянуті переваги та недоліки аналогів охоронних систем, для порівняння були обрані наступні охоронні системи: «Дунай 16/32», «ОСА-2» та «Протект Full». Ні один з наведених аналогів не має відеоспостереження, тож прилад, що розробляється має вагому перевагу перед аналогами.

В другому розділі було проведено обґрунтування елементної бази, а саме: мікросхем, що використовувалися в проекті, резисторів та конденсаторів. Була приведена структурна схема пристрою. Також були проведені розрахунки окремих блоків, таких як блоку стабілізації та блоку захисту.

В третьому розділі були приведені різні типи друкованих плат, класу точності, матеріалу плат та інше. Було обґрунтовано вибір четвертого класу точності, матеріалу FR-4 та вибору двосторонньої друкованої плати. Також був обґрунтований вибір саме позитивного методу виготовлення друкованої плати. В кінці відбувалася розстановка елементів та трасування згідно розрахунків проведених у Розділ 4.

В четвертому розділі були проведені розрахунки, що підтверджують правильність конструкторських рішень. Серед них були розрахунки ширин провідників, електричних розрахунків друкованої плати, віброміцності та надійності. Розрахунки надійності показали результат середнього часу напрацювання 21,7 тис. годин. Даний результат повністю задовольняє вимоги поставлені в ТЗ. Розрахунок віброміцності показав, що друкована плата є абсолютно жорсткою, так як власна частота друкованої плати 860,96 Гц.

В п'ятому розділі було розглянуто алгоритм проектування друкованого вузлу від створення бібліотеки умовних графічних позначень до розташування елементів та їх трасування. Також було показано загальну

					ДК61.201219.001ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

блок-схему алгоритму роботи блоку контролю охоронної системи. В останню чергу було проведено моделювання блоку стиснення. В якості вхідного кадру було обрано фотографію. Результат стиснення склав 7,5 разів між фотографіями, а якість фотографії після стиснення все ще на гарному рівні.

Тож, все вище сказане дає можливість для ствердження, що дипломний проект виконаних в повному обсязі.

					<i>ДК61.201219.001ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		71

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. SPI interface [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://s-engineer.ru/interfejs-spi/> .
2. Охоронна Система «Дунай» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://secur.ua/ppk-dunaj-16-32-modul-dunaj-et.html?gclid=Cj0KCQjwuJz3BRDTARIsAMg-HxW1gDc-vArZGvrRM7yyZPedOgIGZZPxuaeINBR9eWPJ8-rx95D5cbYaAjhcEALw\\_wcB](https://secur.ua/ppk-dunaj-16-32-modul-dunaj-et.html?gclid=Cj0KCQjwuJz3BRDTARIsAMg-HxW1gDc-vArZGvrRM7yyZPedOgIGZZPxuaeINBR9eWPJ8-rx95D5cbYaAjhcEALw_wcB).
3. Охоронна система «Оса-2» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ohrana.ua/prosteyshe-signalizatsii/lajka-plus.html> .
4. Охоронна система «Проект Full» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ohrana.ua/prosteyshe-signalizatsii/komplekt-protekt-tm2.html> .
5. Інфрачервоний давач HC-SR501 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/infrakrasnyj-datchik-dvizheniya-hc-sr501/> .
6. Алгоритм стиснення MPEG [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/6088734/> .
7. TPS2592B Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/848395/TI1/TPS2592BA.html> .
8. LM317 Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/11662/ONSEMI/LM317.html> .
9. Intel Max 10 FPGA Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/hb/max-10/m10\\_overview.pdf](https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/hb/max-10/m10_overview.pdf) .

10. Камера OV7670 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:  
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/312420/OMNIVISION/OV7670.html> .
11. ESP8266 Datasheet [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf) .
12. Комбінований позитивний метод [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://poznayka.org/s71591t1.html> .
13. Савельев Л. Я. Овчинников В. Л. Конструирование ЭВМ и Систем: Учебник для техн. вузов., 1984. – 248 с.
14. FR-4 PCB Material. [Электронный ресурс] - Режим доступа до ресурсу: <https://bit.ly/2TxVhbu>.

ГОСТ 15150-69 МАШИНЫ, ПРИБОРЫ И ДРУГИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

ГОСТ 23751-86 ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНСТРУКЦИИ.



## **ДОДАТОК А**

### **Технічне завдання на проектування**

#### **1. Найменування та галузь використання**

Блок контролю охоронної системи. Може використовуватись як у побутових, так і промислових умовах.

#### **2. Підстава для розробки**

Підставою для розробки є завдання на дипломний проект згідно наказу по НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» №.1196-с від 25.05.2020 р.

#### **3. Мета і призначення розробки**

Розробка універсального пристрою, для контролю охоронної системи, який буде простий у налаштуванні та використанні, а також недорогий у виготовленні.

#### **4. Технічні вимоги**

##### **4.1. Склад виробу й вимоги до пристрою, що розробляється**

Система складається з блоку контролю, що є друкованим вузлом з різними роз'ємами для підключення камери, інфрачервоного давача, та блоку виведення інформації. Пристрій повинен забезпечувати чітке спрацювання при потраплянні інфрачервоного світла в поле зору давача, з наступним ввімкненням камери та стисненням відео і передачею його через блок виведення інформації.

##### **4.2. Показники призначення**

Пристрій повинен забезпечувати керування освітленням в різних видах приміщень, а саме: налаштування інтенсивності, кольорового відтінку свічення та вибір області засвічення.

##### **4.3. Вимоги до надійності**

Середній час напрацювання на відмову не менше 20000 годин.

##### **4.4. Вимоги до технологічності**

Орієнтовані на передові прийоми виготовлення деталей і складання.

##### **4.5. Вимоги до рівня уніфікації й стандартизації**

Для виготовлення системи передбачається застосування стандартних, уніфікованих деталей та виробів.

#### **4.6. Вимоги безпеки обслуговування**

Керуватися загальними вимогами безпеки до апаратури низької напруги ГОСТ 12.2.007-75.

#### **4.7. Вимоги до складових частин виробу, сировини, вихідних і експлуатаційних матеріалів**

Для виробництва використовувати матеріали імпортного виробництва, або їх аналоги вітчизняного виробництва.

#### **4.8. Умови експлуатації**

Кліматичне виконання УХЛ 4.1 по ГОСТ 15150-69.

#### **4.9. Вимоги до транспортування і зберігання**

Група умов зберігання Л1 по ГОСТ 15150-69. Зберігати в опалювальних та вентильованих складах, сховищах з кондиціонуванням повітря, розташованих в будь-яких макрокліматичних районах, в яких забезпечуються наступні умови: температура повітря +5...+40 °С, відносна вологість повітря 60% при 20°C (середньорічне значення).

Транспортувати автомобільним, залізничним або авіаційним видами транспорту в спеціальній транспортній тарі.

### **5. Результати роботи**

Результати даної роботи можуть бути використані як вихідна документація по створенню прототипу пристрою, його програмування, налагодження й подальшого впровадження в серійне виробництво.

Дана робота (звітна документація) після виконання надається на кафедру КЕОА для подальшого захисту й зберігання як навчальної документації.

### **6. Робота повинна містити в собі документи**

- пояснювальну записку (формату А4, до 80 аркушів);
- схему електричну принципову та перелік елементів (формату А2, А4 відповідно) ;

- складальне креслення плати та специфікацію (формату A2, A4 відповідно);
- креслення друкованої плати (формату A1);
- додатки (формату A4).

## **7. Порядок розгляду й приймання роботи**

Порядок розгляду й приймання роботи на загальних умовах, прийнятих на кафедрі КЕОА. Рецензування й прийняття роботи комісією на загальних умовах.

У процесі виконання роботи проміжні звіти надаються комісії не рідше 1 раз у тиждень на загальних умовах.

## **8. Економічні показники**

В умовах даного проекту не розглядаються.

## **9. Етапи розробки**

№ п/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту
1	Аналіз технічного завдання	05.03.20-10.03.20
2	Вибір елементної бази та друкованої плати	11.03.20-16.03.20
3	Схемотехнічне проектування	17.03.20-05.04.20
4	Виконання креслень схеми електричної принципової	06.04.20-11.04.20
5	Конструкторсько-технологічні розрахунки	12.04.20-21.04.20
6	Електричний розрахунок друкованої плати	22.04.20-02.05.20
7	Розрахунок віброміцності друкованої плати	03.05.20-13.05.20
8	Проектування у Altium Designer	14.05.20-18.05.20
9	Виконання креслень друкованої плати та складального креслення друкованого вузла	19.05.20-29.05.20
10	Оформлення пояснювальної записки	30.05.20-08.06.20

## ДОДАТОК Б

Лістинг частини програми написаної у Matlab.

```
close all;
clear all;
f1 = @(block_struct) dct2(block_struct.data);
f2 = @(block_struct) idct2(block_struct.data);

input_image = imread('test.jpg');
imwrite(input_image, 'compressed_test.jpg');
conv_im = rgb2gray(input_image);
figure, imshow(conv_im);
J = blockproc(conv_im, [8 8], f1);
depth = find(abs(J) < 200);
J(depth) = zeros(size(depth));
K = blockproc(J, [8 8], f2) / 255;
figure, imshow(K);
K
imwrite(K, 'compr_test.jpg');
compression_ratio = numel(J)/numel(depth);
```